

Universidad Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior



*Proyecto fin de carrera*

---

*Diseño técnico-económico de una  
subestación eléctrica GIS  
en entorno urbano*

---

Ingeniería Industrial

*Javier López Sotomayor*

---

DIRECTOR: *Iván Lozano Álvarez*

**Título:** Diseño técnico-económico de una Subestación eléctrica GIS en entorno urbano

**Autor:** Javier López Sotomayor

**Director:** Iván Lozano Álvarez

## EL TRIBUNAL

**Presidente:** \_\_\_\_\_

**Vocal:** \_\_\_\_\_

**Secretario:** \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de  
Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

# Índice general

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MEMORIA DESCRIPTIVA	8
3. MEMORIA DE CÁLCULO	113
4. PLANOS	145
5. ESTUDIO ECONÓMICO	147
6. PLIEGO DE CONDICIONES	169
7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	214
8. CONCLUSIONES	241
9. BIBLIOGRAFÍA	245

---

<i>Índice de Figuras</i>	248
<i>Índice de Tablas</i>	251

# 1. INTRODUCCIÓN



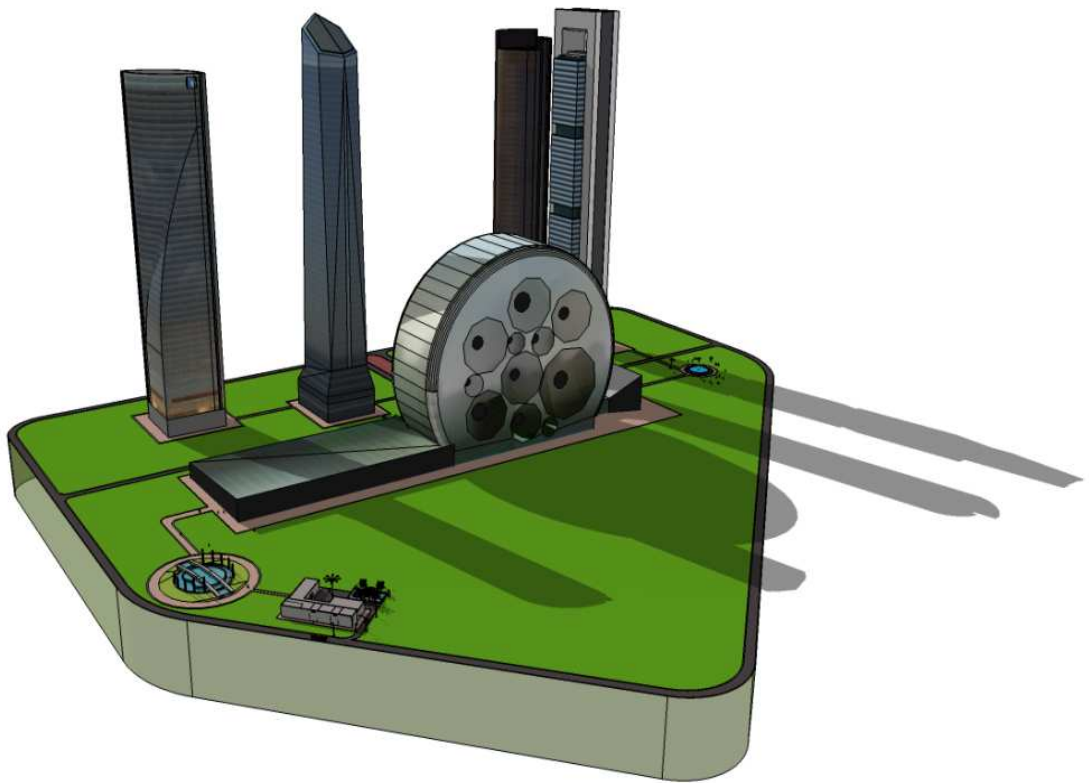
# Índice Introducción

<b>1.INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
1.2. OBJETIVOS PRINCIPALES DEL PROYECTO .....	4
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO .....	5

## 1.INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo constructivo, técnico y de diseño, de una subestación blindada en la Comunidad de Madrid, específicamente en el área destinada a las cuatro torres recién construidas junto al Paseo de la Castellana, conocido como Cuatro Torres Business Area.

Para entender mejor las diferentes partes de la subestación, se ha realizado un modelado 3D.



*Figura 1 Modelado 3D emplazamiento de la subestación*

## 1.2. OBJETIVOS PRINCIPALES DEL PROYECTO

Los principales objetivos de este proyecto son los siguientes:

- Conocer todos los elementos de una subestación de tecnología GIS.
- Saber dimensionar cada uno de los elementos que componen la subestación, justificando si procede con los cálculos pertinentes.
- Realizar y calcular la Puesta de Tierra.
- Dimensionar las protecciones de la subestación y de los transformadores.
- Dimensionar los servicios Auxiliares de la Subestación.
- Realizar los planos correspondientes a:
  - Esquemas unifilares (General, SS.AA., Protecciones).
  - Edificio de la subestación (Planta, Secciones, Situación).
  - Red de Tierras.
- Llegar a un coste total de lo que supondría llevar a cabo la subestación, mediante un estudio económico detallado en el que se han descrito todos los componentes de la subestación y sus costes unitarios y globales.

### 1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de la subestación es el abastecimiento de la zona de las Cuatro Torres, que se conseguirá a través de dos transformadores de potencia de 60 MVA, de relación de transformación 220/20 kV, y una serie de equipos dispuestos en una configuración de doble barra tanto en el lado de alta como de media tensión.

La tecnología utilizada será GIS, (Gas Insulated Substations), ya que las ventajas frente a una tecnología convencional son notables, fijándonos en la más importante como es la reducción del espacio destinado a la obra. Esta reducción de espacio se debe a una disminución de las distancias entre los equipos de la subestación. Esto es posible gracias al gas hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), que en este tipo de subestaciones es usado como aislante ya que debido a sus propiedades, permite acortar las distancias entre los equipos sin poner en peligro la integridad física de estos.

Se construirá un edificio destinado únicamente a la subestación, dónde se recogerán todos los equipos necesarios para la puesta en servicio de la misma. El edificio constará de dos niveles, uno para la instalación de los equipos, y otro por debajo utilizado a modo de sótano para el manejo de los cables de alta y media tensión.



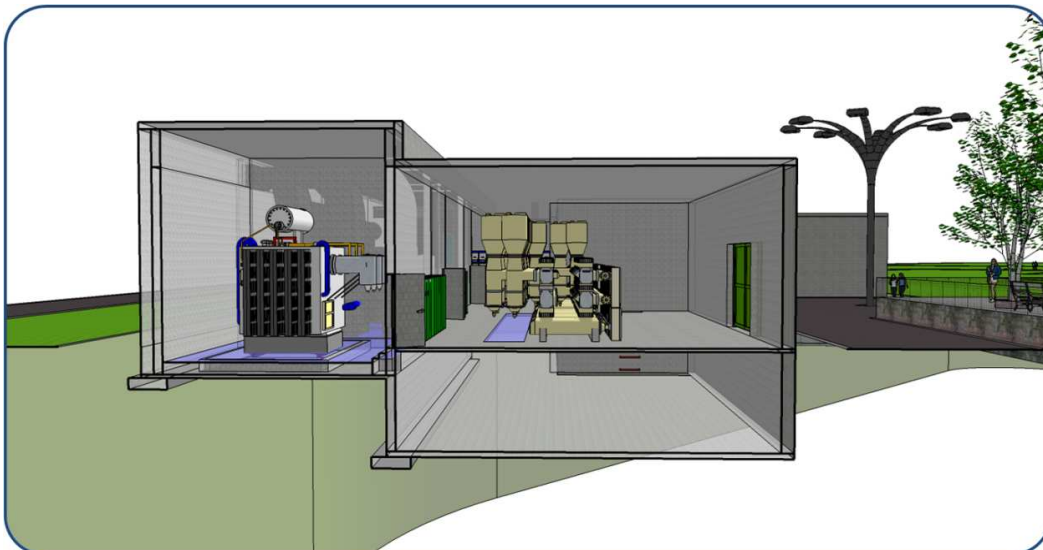
*Figura 2 Modelado 3D edificio, vista lateral derecha.*

En un extremo del edificio se distinguirá una sala de control dónde estarán aquellos equipos destinados a los servicios auxiliares, comunicaciones y control de la subestación.



*Figura 3 Modelado 3D sección de la sala de control.*

Los transformadores de potencia estarán recogidos en dos salas independientes junto con la refrigeración de los mismos que será forzada mediante unos equipos de ventiladores.



*Figura 4 Modelado 3D sección lateral derecha del edificio, sala de transformadores y celdas GIS.*

El acceso a la subestación estará protegido mediante un sistema de seguridad instalado en las puertas de acceso principal, y puesto que el personal autorizado tiene distintos rangos de responsabilidad se instalará una segunda medida de seguridad en el acceso a la sala de control, quedando el edificio en su conjunto totalmente protegido ante posibles intrusismos.



*Figura 5 Modelado 3D seguridad en puertas de acceso.*

## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA



# Índice Memoria Descriptiva

<b>2. MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>12</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	12
2.1.1. <i>Objetivo y antecedentes del proyecto</i> .....	12
2.1.2. <i>Titular</i> .....	12
2.1.3. <i>Emplazamiento</i> .....	12
2.1.4. <i>Plazo de ejecución</i> .....	13
2.2. REGLAMENTOS Y NORMATIVAS .....	13
2.3. SUBESTACIONES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL .....	15
2.3.1. <i>Tendencias de las Subestación según la Aparamenta</i> .....	15
2.3.1.1. Subestaciones convencionales “AIS” .....	15
2.3.1.1.1 Interruptores.....	16
2.3.1.1.2. Seccionadores .....	18
2.3.1.1.3. Transformadores de medida .....	22
2.3.1.1.4. Autoválvulas o pararrayos.....	29
2.3.1.1.5. Bobina de bloqueo .....	31
2.3.1.2. Subestaciones blindadas “GIS” .....	33
2.3.1.2.1. Aislante hexafluoruro de azufre “SF6” .....	33
2.3.1.2.2. Interruptores.....	34
2.3.1.2.2. Seccionadores .....	34
2.3.1.2.3. Transformadores de medida .....	35
2.3.1.2.3. Descargadores.....	36
2.3.1.3. Subestaciones modulares.....	37
2.4. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	41
2.4.1. <i>Descripción general</i> .....	41
2.4.1.1. Descripción de los equipos de A.T. ....	46
2.4.1.2. Descripción de los equipos de M.T. ....	47
2.4.2. <i>Celdas blindadas de alta tensión</i> .....	50
2.4.2.1. Características de los equipos de A.T. ....	51
2.4.2.1.1. Interruptores.....	51
2.4.2.1.2. Seccionadores .....	54
2.4.2.1.3. Transformadores de medida y protección .....	56
2.4.2.2. Embarrados .....	59
2.4.2.3. Terminales de alta tensión .....	61



<b>2.4.3. Celdas blindadas de media tensión</b> .....	<b>61</b>
2.4.3.1. Características de los equipos de M.T. ....	62
2.4.3.1.1. Interruptores.....	62
2.4.3.1.2. Seccionadores .....	64
2.4.3.1.3. Transformadores de medida y protección .....	66
2.4.3.2. Embarrados .....	69
2.4.3.3. Terminales de media tensión .....	69
2.4.3.4. Batería de condensadores.....	70
<b>2.4.4. Transformadores de potencia</b> .....	<b>73</b>
2.4.4.1. Características Generales .....	73
2.4.4.2. Detalles constructivos .....	75
2.4.4.2.1. Arrollamientos.....	75
2.4.4.2.2. Bornas .....	75
2.4.4.2.3. Cuba .....	77
2.4.4.2.4. Depósito de expansión .....	79
2.4.4.2.5. Aceite .....	80
2.4.4.2.6. Válvulas .....	81
2.4.4.2.7. Protecciones.....	82
<b>2.4.5. Cables</b> .....	<b>84</b>
2.4.5.1. Cables de alta tensión .....	85
2.4.5.1.1. Características generales.....	85
2.4.5.1.2. Detalles constructivos .....	86
2.4.5.2. Cables de media tensión .....	88
2.4.5.2.1. Características generales.....	88
2.4.5.2.2. Detalles constructivos .....	89
<b>2.4.6. Sistemas auxiliares</b> .....	<b>91</b>
2.4.6.1. Servicios auxiliares de c.a. ....	92
2.4.6.1.1. Grupo diesel .....	93
2.4.6.1.2. Transformadores de Servicios Auxiliares .....	95
2.4.6.2. Servicios auxiliares de c.c. ....	96
2.4.6.2.1. Baterías de acumuladores.....	96
2.4.6.2.2. Cargadores .....	99
2.4.6.2.3. Cuadro general de c.c.....	101
2.4.6.8. Alumbrado.....	102
<b>2.4.7. Sistemas de protección, control, medida y comunicaciones</b> .....	<b>103</b>
2.4.7.1. Sistema de protección .....	104
2.4.7.1.1. Posición de línea .....	104
2.4.7.1.2. Posición de acoplamiento (220 kV) .....	105
2.4.7.1.3. Posición de Transformador (220/20 KV) .....	105

2.4.7.1.4. Posición de línea (20 kV) .....	106
2.4.7.2. Sistema de control.....	108
2.4.7.3. Sistema de medida .....	110
2.4.7.4. Sistema de comunicaciones .....	110
2.4.8. Red de Tierras .....	111
2.4.9. Ventilación .....	112

## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

#### 2.1.1. OBJETIVO Y ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La elaboración del presente proyecto tiene como objetivo el suministro de electricidad a la zona recién construida de las cuatro torres situadas en lo que fue la antigua Ciudad Deportiva del Real Madrid o también llamada Madrid Arena y actualmente llamada Cuatro Torres Business Area. Para ello será necesaria la construcción de una subestación con capacidad suficiente para abastecer dicho suministro.

Las Cuatro Torres requieren una gran demanda debido a que tres de ellas tendrán un uso dedicado a oficinas con algunas zonas comerciales y una de ellas será un hotel por lo que la fiabilidad del suministro y la envergadura del abastecimiento requieren la construcción de una propia subestación.

#### 2.1.2. TITULAR

El titular de la presente instalación es Iberdrola.

#### 2.1.3. EMPLAZAMIENTO

El presente proyecto se construirá en la parcela destinada a la ubicación de las cuatro torres o también llamada Cuatro Torres Business Area, en la Comunidad de Madrid, junto al Paseo de la Castellana, como se muestra en el plano adjunto dentro del capítulo 3, planos.

#### 2.1.4. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de la obra se establece en doce meses según el planning de actividades presentado por los contratistas y proveedores.

## 2.2. REGLAMENTOS Y NORMATIVAS

Para la elaboración del proyecto se han tenido en cuenta el cumplimiento de las especificaciones de los reglamentos a continuación descritos y las siguientes normas y decretos, donde sean aplicables:

- ✚ Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, (RCE).
- ✚ Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión, (RLAT).
- ✚ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, (REBT).
- ✚ Normas aprobadas por la Comisión Electrotécnica Internacional, (IEC).
- ✚ Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- ✚ Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
- ✚ Normas IEEE 80 para puestas a tierra.
- ✚ Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones, y centros de transformación, e instrucciones técnicas complementarias.

- ✚ Real Decreto 1316/1989. Protección de los trabajadores frente al ruido.
- ✚ Real Decreto 485/1997. Señalización en los lugares de trabajo.
- ✚ Real Decreto 487/1997. Disposición mínima en la manipulación de cargas.
- ✚ Real Decreto 1215/1997. Utilización de equipos de trabajo.
- ✚ Real Decreto 1495/1986. Reglamento de Seguridad de Máquinas.
- ✚ Real Decreto 1627/1997. Condiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- ✚ Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales.
- ✚ Real Decreto 97/1997. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- ✚ Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, del 9 de Marzo de 1971, capítulo 6 (Electricidad).
- ✚ Código de circulación.
- ✚ Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, (AMYS).
- ✚ Prescripciones de seguridad para trabajos mecánicos y diversos, (AMYS).
- ✚ Plan Básico de Prevención de Riesgos para Empresas Contratistas, (MODIDYC).

## 2.3. SUBESTACIONES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL

### 2.3.1. TENDENCIAS DE LAS SUBESTACIÓN SEGÚN LA APARAMENTA

Se define aparamenta como todos los dispositivos que actúan o tienen contacto con los conductores principales con el fin del manejo y operación de la subestación.

Se designa habitualmente como aparamenta de alta tensión a aquellos dispositivos capaces de maniobrar, proteger y medir el Sistema Eléctrico con tensiones superiores a los 1000 V.

#### 2.3.1.1. SUBESTACIONES CONVENCIONALES “AIS”

Las subestaciones convencionales o también llamadas subestaciones AIS, son aquellas que tienen su parque, formado por el aparellaje de la misma, aislados en aire. Este tipo de subestación frente a otra de igual alcance de tensión y potencia pero con otra aparamenta más tecnológica y mejor aislante entre elementos, supera notablemente la superficie abarcada en el montaje luego esta solución en muchos casos, sobre todo en subestaciones urbanas, se está apostando por la tecnología de las subestaciones GIS que más adelante se detalla.



Figura 6 Parque subestación convencional.

#### 2.3.1.1.1 Interruptores

Son los elementos que tienen como función abrir o cerrar un circuito tanto en condiciones normales de funcionamiento como en el caso de faltas y cortocircuitos con intensidades comprendidas entre 30 y 50 veces su intensidad nominal en servicio continuo, por lo que el factor más importante a la hora de su elección es el poder de corte en cortocircuito en el punto de la instalación que se desea proteger y no la intensidad nominal que aguantará en régimen normal de funcionamiento. Un segundo factor que interviene en la elección del interruptor es la duración de la falta ya que a mayor cortocircuito que interrumpir, mayor esfuerzo térmico y electrodinámico afecta a nuestro interruptor por lo que la duración de la extinción del arco en nuestro interruptor será determinante.

Los contactos de cierre y apertura del interruptor están confinados en el interior de una cámara que entre otras funciones recoge una atmosfera que dependiendo del tipo de la misma se clasifican en:

- ***Corte al aire:*** Solo se utiliza en media tensión por las bajas propiedades dieléctricas de aire. El principio en el que se basan es en el soplado magnético que lleva al arco a un alargamiento reduciendo su rigidez dieléctrica y por tanto provocando su extinción.
- ***Gran volumen de aceite:*** Este tipo de interruptor ya no se fabrica debido al tamaño elevado que poseían, pero se siguen manteniendo en funcionamiento en algunas subestaciones antiguas. Estos interruptores constan de un gran recipiente de aceite en el cual se han dispuestos dos pares de contactos por fase. En dicho recipiente circulará el arco en su proceso de extinción y debido a las características del aceite y a la presión que se va a crear, se producirá la eliminación del arco provocado por el cortocircuito.

- ***Pequeño volumen de aceite:*** Es la evolución del tipo anterior permitiendo menores dimensiones. Este tipo de aparato consta de una cámara de desconexión fabricada con material aislante y en cuyo interior se evapora un pequeño volumen de aceite, creándose con ello el aumento de presión requerido para el soplado del arco.
- ***Corte en vacío:*** Solo aplicable en media tensión. Con este método se consigue una rápida extinción del arco lo que facilita la evacuación de las moléculas ionizadas y permite que se produzca la desconexión con escasa separación entre los contactos. El mantenimiento será escaso ya que no hay de por medio ningún elemento que se carbonice ante un cortocircuito, como el aceite, y por tanto deje residuos en su descomposición.

Por último quedaría otro tipo de interruptor que es el que en su carcasa contiene hexafluoruro de azufre, pero que se explicará dentro de las subestaciones GIS ya que es propio de las mismas.

Para maniobrar los contactos con la alta velocidad requerida se utilizan distintos sistemas de accionamiento, como (resortes, hidráulico, neumático, etc.).

Los elementos iniciadores de las maniobras de apertura y cierre son por lo general bobinas que liberan trinquetes cuando son energizados por una tensión normalmente auxiliar de 125 Vc.c.

Según que la maniobra de cierre y apertura sea independiente para cada polo o común a los tres polos, los interruptores se clasifican en unipolares o tripolares.

Las bobinas de cierre y disparo, junto con los motores de tensado de muelles, contactos auxiliares del interruptor, contactos de alarma, etc., se alojan en los armarios de mando del interruptor, que se sitúan junto a este.





Figura 7 Interruptor hasta 66 Kv (izquierda), interruptor hasta 400 Kv (derecha).

#### 2.3.1.1.2. Seccionadores

Los seccionadores tienen como misión asilar tramos del circuito de una subestación de una forma visible por lo que aporta una seguridad plena a la hora de maniobrar con el circuito ante posibles mantenimientos, sustituciones o trabajos de inspección. Estos no poseen cámara de corte por lo que no pueden maniobrar en carga, es decir, solo pueden abrirse ante la seguridad de que no circula corriente en los mismos aunque en posición cerrada de funcionamiento, deben aguantar las corrientes nominales de los circuitos y sobreintensidades o corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado.

Dado que no maniobran en carga, ni hay restricciones en la velocidad de la maniobra, su construcción es muy simple, limitándose a unas cuchillas conductoras que conectan o interrumpen el circuito, soportadas en aisladores y accionadas manualmente o por motor eléctrico. El motor y la manivela de accionamiento, junto con los contactos

auxiliares se incluyen en un armario de mando que se sitúa a una altura accesible al operario.

Dado que el seccionador debe situarse a una altura superior por motivos de seguridad, es necesario instalar un mecanismo de acoplamiento mecánico entre dicho armario y las cuchillas. Los seccionadores pueden ser unipolares o tripolares según que la maniobra de los tres polos sea independiente o simultánea.

Existen múltiples soluciones constructivas de seccionadores, para tensión e intensidad nominal determinadas, pudiéndose distinguirse los siguientes tipos:

- ***Seccionadores de cuchillas giratorias:*** La constitución de estos elementos es muy sencilla, componiéndose básicamente en una base o armazón metálico rígido (dónde apoyarán el resto de los elementos), dos aisladores o apoyos de porcelana, un contacto fijo o pinza de contacto y un contacto móvil o cuchilla giratoria (estos dos últimos elementos montados en cada uno de los aisladores de porcelana).



Figura 8 Seccionador de cuchillas giratorias.

- ***Seccionadores de cuchillas deslizantes:*** Con una estructura muy similar a la de los seccionadores de cuchillas giratorias descritos anteriormente, poseen la ventaja de

requerir menor espacio en sus maniobras dado que las cuchillas se desplazan longitudinalmente, por lo que se puede instalar en lugares más angostos. No obstante, dado su tipo de desplazamiento de las cuchillas, estos seccionadores tienen una capacidad de desconexión inferior en un 70% a los anteriores.



Figura 9 Seccionador de cuchillas deslizantes.

- ***Seccionadores de columna giratoria central:*** Este tipo de seccionador se utiliza en subestaciones de intemperie con un nivel de tensión superior a 30kV. Consta de tres columnas situadas en un mismo plano de las cuales las dos exteriores están montadas rígidamente sobre soporte metálico de perfiles laminados y son las encargadas de sostener los contactos fijos. La columna central es la encargada de abrir o cerrar el circuito mediante un movimiento giratorio sobre su propio eje. Dicho giro se activará a través de bielas y demás o mecanismos controlados de su armario situado en la base metálica a una altura manejable para un operario.

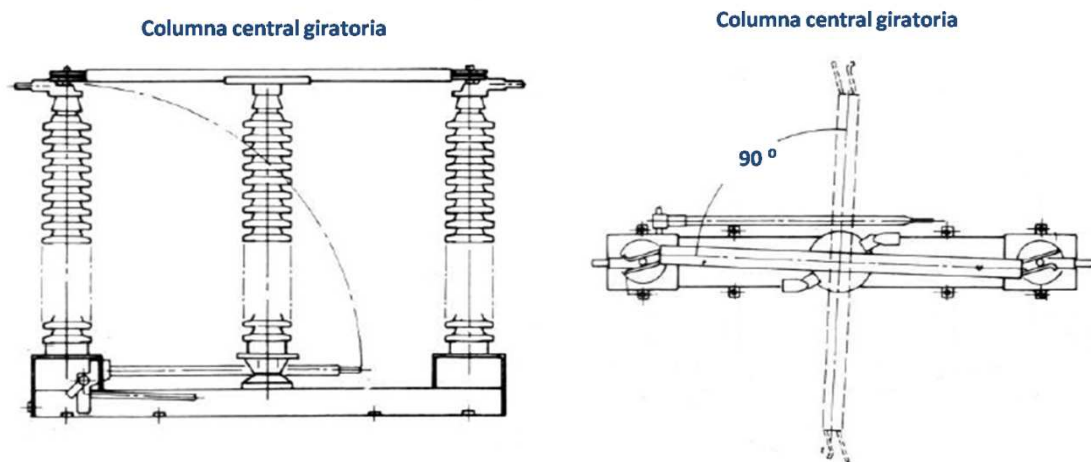


Figura 10 Seccionador de columna central giratoria, cerrado (izquierda), abierto (derecha).

- **Seccionadores de dos columnas giratorias:** El seccionador dispone de dos columnas giratorias en lugar de tres como el modelo de columna giratoria central, siendo estas dos columnas giratorias y portadoras de cuchillas solidarias, que giran hacia el mismo costado. En este caso se obtiene un solo punto de interrupción a la mitad del recorrido entre las dos columnas. El campo de aplicación de este seccionador es en instalaciones de intemperie con tensiones de servicio hasta 110 kV.

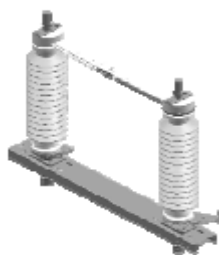
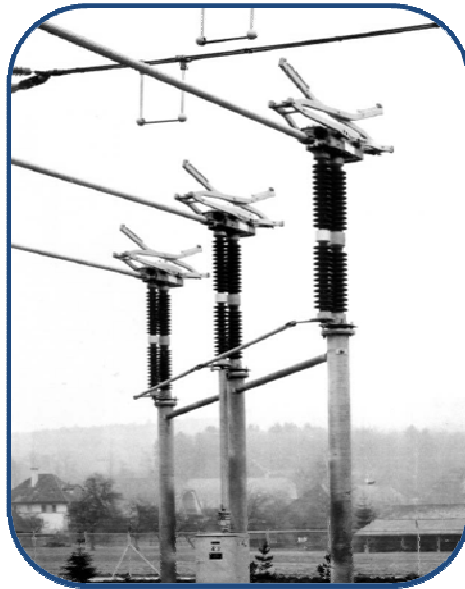


Figura 11 Seccionador dos columnas giratorias, (cerrado).

- **Seccionadores de pantógrafo:** La cuchilla se sustituye por un sistema de pantógrafo apoyado en una sola columna de aisladores. La posición “cerrado” se consigue alargando el pantógrafo hasta alcanzar el conductor al que se conecta el seccionador,

mientras que la apertura se produce retrayendo el pantógrafo a su posición inicial. Estos seccionadores se disponen para tensiones de servicio entre 132 y 400 kV.



**Figura 12** Seccionador pantógrafo, (abierto).

#### **2.3.1.1.3. Transformadores de medida**

Para poder controlar los intercambios energéticos en el sistema eléctrico, es necesario medir continuamente en una gran cantidad de puntos el estado eléctrico en que se encuentra cada uno de esos puntos de la red.

En la práctica, la medida vectorial (módulo, dirección y sentido) instantánea y simultánea de la tensión y la intensidad nos define el estado eléctrico de un punto en un sistema. De hecho, se mide a la salida de cada una de las centrales generadoras y en cada uno de los puntos de consumo, además de a la entrada y a la salida de cada una de las líneas que confluyen en cada subestación transformadora y de distribución. Estas medidas tienen un objetivo económico, saber exactamente cuánto genera cada compañía y cuanto consume cada cliente (siendo a veces unas compañías clientes de otras, según qué centrales generadoras estén en marcha y cuáles paradas) a efectos de facturación.

Pero también coexiste un objetivo técnico, pues hay que estar atento a no sobrecargar las líneas, a las averías que se producen en la red y a conseguir optimizar la generación y la distribución, haciéndolas posible en la forma más económica y segura.

Los transformadores de medida son transformadores de características especialmente diseñadas para medir. Los transformadores de medida como todos los transformadores, son máquinas eléctricas dotadas de un primario y secundario que se aprovechan de las propiedades electromagnéticas de la corriente alterna para transformar potencia.

La función de un transformador de medida es proporcionar entradas precisas a los sistemas de protección, control y medición, incluida la medición fiscal. Estas funciones requieren un elevado grado de exactitud y fiabilidad de los transformadores de medida, para garantizar el funcionamiento correcto de los sistemas de protección y una medición precisa.

Como en todos los transformadores, en el transformador de medida hay que aislar y separar convenientemente unos circuitos de otros entre sí y del exterior. Así, en cada uno de los arrollamientos primario y secundario, debe aislarse cada espira de la siguiente para que la corriente las atraviese ordenadamente una después de otras y no todas a la vez. En el caso de hilos de cobre, al comprarse esmaltados, o sea, con un recubrimiento continuo de esmalte aislante, ya se tiene un primer aislamiento entre espiras que luego se reforzará con sucesivas capas de papel. Si no vinieran aislados los hilos, habría que proceder a su aislamiento, como se hace en el caso de pletinas y cintas desnudas que se aíslan con fundas con cartones. El papel impregnado de gas aislante SF<sub>6</sub> o de aceite es mucho mejor aislante que el papel sólo. Ésta circunstancia se utiliza en el aparato completo al realizar una impregnación con estos elementos.

Para aislar un arrollamiento de otro también se recurre a papel impregnado o a resina en algunos casos. Este mismo tipo de aislamiento se da al núcleo respecto a cada uno de los arrollamientos. El aislamiento del aparato frente al ambiente se consigue a

base de aceite y porcelana en los de servicio externo o intemperie y a base de resina epóxida en los de servicio interno. Algunos aparatos de exterior se aíslan en resina cicloalifática.

La forma y calidad del aislamiento depende en cada caso de múltiples factores, siendo el principal el valor de la tensión que existe entre los dos extremos a aislar. Aquí conviene tener presente que la relación entre espesor de aislante y tensión aplicada no es lineal, así que no se cumple que a doble tensión aplicada doble espesor de aislante a interponer, sino que habrá que atenerse a lo que en cada caso corresponda a la naturaleza del dieléctrico.

Dentro de los transformadores de medida distinguimos en:

- ***Transformadores de intensidad:*** El transformador de intensidad, como su nombre indica, tiene como fin proporcionar en una escala mucho menor en el secundario una magnitud proporcional de la corriente que pasa por el primario. Es un transformador pasante, es decir, la corriente atraviesa el núcleo toroidal donde se transforma en corriente de secundario. La intensidad se mide intercalando el aparato de medida en el mismo punto de la línea donde se quiera medir. Así la intensidad que pasa por la línea atraviesa toda ella el aparato de medida amperimétrico. Los transformadores de intensidad tienen siempre dos bornes primarios. La resistencia eléctrica entre estos dos bornes es siempre muy pequeña, de modo que en condiciones normales la diferencia de potencial entre ellos es insignificante, del orden de mV. El primario puede pasar una o más veces a través del núcleo según si la intensidad que circula por él es bastante para hacer que aquél quede suficientemente magnetizado; es decir, lo atraviesen bastantes amperivoltas; o bien se deban reforzar éstos dando más vueltas al primario, ya que los amperios que transporta no son suficientes.

El secundario puede destinarse a distintos usos como el de medida que es un secundario diseñado para la medida de corriente en magnitudes cercanas a la nominal. Se denomina por la precisión de esta medida. A valores elevados alcanza

la saturación y a valores bajos pierde precisión. Se utilizan, como su nombre indica, como medida de diferentes magnitudes de corriente en la instalación. Otro uso para el secundario es el de protección, este es un secundario diseñado para medir con precisión corrientes elevadas de hasta unas veinte veces la nominal, según el modelo, sin variación de la precisión. Por el contrario, a medidas de baja potencia carece de la precisión suficiente. Es por ello que se utiliza para las protecciones destinadas a detectar sobrecorrientes y derivados de éstas.

Por último el secundario puede ser destinado a la medida fiscal donde el secundario es similar al de medida pero con un núcleo de hierro que le confiere, además de una mayor precisión, la capacidad de mantener ésta para valores bastante bajos de la corriente comparado con la medida normal. Es por ello que este tipo de dispositivos se emplean para dar señal a los equipos de tarificación.



Figura 13 Transformador de intensidad.

- **Transformadores de tensión inductivos:** Los transformadores de tensión se conectan entre dos puntos a potencial diferente entre sí. Se distingue entre el hecho de que estos dos puntos estén ambos a diferente potencial que tierra, o que uno de ellos esté directamente puesto a tierra. A los primeros los denominamos tipo V y los segundos tipo U. Eléctricamente y desde el punto de vista constructivo son más racionales los transformadores de tensión tipo U, pero determinadas medidas trifásicas pueden hacerse utilizando dos transformadores de tensión tipo V en vez de tres tipo U, lo que da a aquellos cierta ventaja económica. Sin embargo, a partir de los 52 kV es muy raro encontrar transformadores de tensión tipo V.



Los transformadores de tensión llevan normalmente un solo núcleo sobre el que se arrollan apretadamente entre uno y tres secundarios y un primario. Los secundarios tienen del orden de cientos de espiras y entre sus extremos se miden cientos de voltios, por lo que basta, entre las espiras de una capa, el aislamiento de esmalte del que van recubiertos los hilos con que se fabrican, y, entre capas, unas décimas de milímetro de papel. Respecto a tierra deben aislarse a 3 o 4 kV y entonces se necesita del orden del milímetro de papel. A diferencia de los transformadores de intensidad, los transformadores de tensión no requieren un núcleo magnético diferente para cada secundario sino que se pueden asociar varios arrollamientos a un mismo núcleo.

En los aparatos tipo U el núcleo y uno de los bordes de cada uno de los arrollamientos se conectan rígidamente a tierra, al igual que todas las demás partes metálicas que componen el aparato: cuba, base, etc. A los transformadores de tensión tipo V les ocurre igual que a los de tipo U excepto en lo que concierne al primario. Cada uno de los extremos de éste está aislado respecto del otro a la tensión nominal (la tensión de línea, o entre fases) de la red. Respecto a tierra, los extremos del primario están aislados a la tensión nominal dividida por raíz de tres (tensión de fase de la red). Entonces, a fin de aprovechar mejor el aislamiento, se divide en algunos casos el arrollamiento primario en dos secciones simétricas, cada una de las cuales está aislada entre sus extremos la mitad de la tensión nominal del aparato, estando el punto medio de conexión entre ambos a una tensión intermedia de la nominal.

En los transformadores de tensión se utilizan núcleos rectangulares de dos columnas, o a veces, por problemas de espacio, acorazados. Se cortan las chapas de cada lado del rectángulo separadamente y se ensamblan luego mediante pernos roscados. Las características electromagnéticas de estos núcleos son inferiores a las de los núcleos toroidales utilizados en los transformadores de intensidad, debido a los entrehierros e inserciones entre chapas. Aun así, se prefieren estos núcleos, que obligan a tamaños más grandes de aparatos, por tener que realizar bobinados

primarios con un elevado número de espiras. Al ser tantas las espiras, se hace obligado el empleo de bobinadoras rectas de gran velocidad que arrollan los bobinados sobre un mandrino cilíndrico que luego se introduce en el núcleo, por lo que éste debe poder abrirse. Si, por similares razones que en los transformadores de intensidad se requieren transformadores de tensión con varias tensiones primarias distintas, casi siempre se realizan por tomas en el secundario. El motivo de ello, es que sacar una borna a tensión primaria intermedia es mucho más caro que sacar una toma secundaria, incluso en el caso de que para conseguirlo haya que ir a un transformador de tensión de una serie superior.

Por otro lado, los transformadores de tensión inductivos soportan menores tensiones que un transformador de tensión capacitivo pero proporcionan mejores resultados en el ámbito de la precisión, por lo que se les suele preferir para medida.



Figura 14 Transformador de tensión inductivo.

- **Transformadores de tensión capacitivos:** Se idearon a partir de la posibilidad de reducir tensiones por otro método que no fuese el electromagnético. Para ello, se pensó en la conexión de varios condensadores en serie, y la aplicación de una determinada tensión entre el primero y el último, cada uno de ellos quedando cargado a una tensión parcial proporcional a su capacidad. La suma de todas las

tensiones parciales obviamente será la total. Siendo todos los condensadores de igual capacidad, obtenemos un divisor capacitivo.

El transformador de tensión capacitivo es un transformador de tensión que incluye una columna de condensadores con una toma de tensión intermedia, o sea, un divisor capacitivo y un transformador de tensión inductivo, que va conectado a dicha toma. Esa toma se elige a una tensión tal que el transformador de tensión inductivo sea de construcción económica.

Las redes eléctricas interconectan puntos geográficamente distantes entre sí, es importante que pueda transmitirse y recibirse información entre cada uno de estos lugares. Desde un principio se han planteado los mismos cables de transmisión de energía como portadores de las señales de alta frecuencia de tipo telefónico que establecen esta imprescindible intercomunicación. No es la única forma de comunicación empleada; se usan también las redes telefónicas normales, enlaces de microondas y de radio, pero todas y cada una se hacen necesarias.

Para transmitir señales de alta frecuencia (40 kHz a 500 kHz) por los cables de alta tensión portadores de la energía a 50 Hz es necesario conseguir una entrada de la señal de alta frecuencia, que, sin embargo, no permita escapar a la energía transportada. Esto se hace a través de un condensador de acoplamiento que presenta alta impedancia a 50 Hz y muy baja a más de 40 kHz. Del análisis de todo lo anterior se llegó a la conclusión de unir en una sola pieza el divisor capacitivo y el condensador de acoplamiento, con lo que se conseguían importantes ventajas económicas. Esta consideración dio un gran impulso a los transformadores de tensión capacitivos teniendo en cuenta que el transformador de tensión capacitivo es económico incluso empleado solo como transformador, de modo que los accesorios de corriente portadora de alta frecuencia son opcionales.



Figura 15 Transformador de tensión capacitivo.

#### 2.3.1.1.4. Autoválvulas o pararrayos

Son unos dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores u oscilaciones de potencia. Un dispositivo de protección efectivo debe tener tres características principales:

- Comportarse como un aislador mientras la tensión aplicada no exceda de cierto valor predeterminado.
- Convertirse en conductor al alcanzar la tensión ese valor.
- Conducir a tierra la onda de corriente producida por la onda de sobretensión.

Una vez desaparecida la sobretensión y restablecida la tensión normal, el dispositivo de protección debe ser capaz de interrumpir la corriente. Los pararrayos cumplen con las siguientes funciones:

- Descargar las sobretensiones cuando su magnitud llega al valor de la tensión disruptiva de diseño.

- Conducir a tierra las corrientes de descarga producidas por las sobretensiones.
- Debe desaparecer la corriente de descarga al desaparecer las sobretensiones.
- No deben operar con sobretensiones temporales, de baja frecuencia.
- La tensión residual debe ser menor que la tensión que resisten los aparatos que protegen.

Los pararrayos deben quedar conectados permanentemente a los circuitos que protegen y entrar en operación en el instante en que la sobretensión alcanza un valor convenido, superior a la tensión máxima del sistema. Cuando se origina una sobretensión, se produce el arqueo de los entrehierros y la corriente resultante es limitada por las resistencias a pequeños valores, hasta que en una de las veces que la onda de corriente pase por cero, los explosores interrumpen definitivamente la corriente.

Se observa que una vez iniciada la onda de choque ésta empieza a crecer llegando a un punto en que empieza a ionizarse el entrehierro del explosor y seguirá creciendo la tensión hasta alcanzar un determinado valor de potencial, que será cuando se produzca el arco entre los terminales del explosor. Por otro lado, durante la descarga de la sobretensión en la resistencia no lineal, circula una corriente con un valor máximo de corriente que fija la capacidad de descarga máxima de energía a través del pararrayos, sin que éste sufra deterioro alguno.

Cuando los pararrayos deban limitar también las sobretensiones que originan la operación de interruptores, los explosores incluyen también un soplado magnético que cumple dos funciones, extinguen más rápidamente el arco formado y oponen mayor resistencia a los reencendidos.



Figura 16 Autoválvula

#### 2.3.1.1.5. Bobina de bloqueo

Las bobinas de bloqueo son elementos que pueden estar o no presentes en un parque de alta tensión. Estos elementos serán necesarios cuando la subestación cuente con un sistema de comunicación conocido como Onda Portadora o por sus siglas en inglés PLC (Power Line Carrier).

Las bobinas de bloqueo son por tanto elemento un elemento de alta tensión pero en realidad forman parte del sistema de comunicación por Onda Portadora. Cuando se disponía de una línea de transmisión que unía dos lugares (subestaciones) entre sí y se requería intercambio de información, se desarrolló el sistema de onda portadora por línea de alta tensión, el cual utiliza la misma línea de alta tensión como enlace y medio de comunicación. El sistema de Onda Portadora es un sistema de comunicación que aprovecha la línea de conexión en alta tensión que une dos subestaciones para establecer un enlace y realizar así el intercambio de diversos datos y señales. El sistema hace uso de la misma línea de alta tensión para la transmisión de señales de teleprotección, voz y datos. El sistema emplea generalmente frecuencias de rango de 30 a 500 kHz. El

sistema de onda portadora por línea de alta tensión PLC está formado por los siguientes equipos:

- ✚ Bobina de Bloqueo.
- ✚ Condensadores de Acople.
- ✚ Unidad de Acople.
- ✚ Cable de Alta Frecuencia.
- ✚ Terminal PLC.

Las bobinas de bloqueo se conectan en serie en las líneas de alta tensión. Su impedancia debe ser despreciable a la frecuencia industrial de tal forma que no perturbe la transmisión de energía, pero debe ser relativamente alta para cualquier banda de frecuencia utilizada para comunicación por onda portadora. Las bobinas de bloqueo consisten básicamente en una bobina principal con un elemento protector y usualmente uno de sintonización. La bobina principal es una inductancia, la cual permite el paso de la corriente a frecuencia industrial del circuito o línea de transmisión, mientras que el equipo de protección protege a la bobina contra posibles sobretensiones transitorias.

El equipo de sintonía sirve para obtener una impedancia relativamente alta para una o más frecuencias o para bandas de frecuencia y así impedir su paso al interior de la subestación, desacoplándolo de la onda portadora.



Figura 17 Bobina de bloqueo.

#### 2.3.1.2. SUBESTACIONES BLINDADAS “GIS”

Las subestaciones blindadas utilizan la misma aparatamenta que las convencionales, pero con un diseño y características algo diferentes, donde el conjunto de la subestación está integrado dentro de una envoltura de aluminio rellena de SF<sub>6</sub>, el cuál asegura el aislamiento con respecto a tierra.

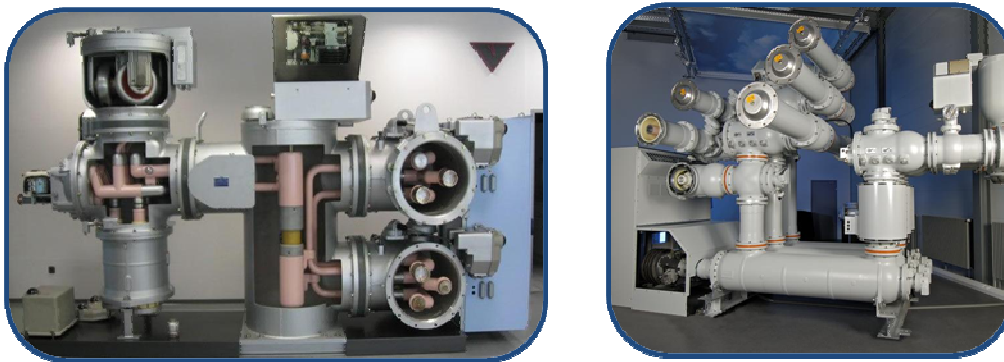


Figura 18 Interior de celda blindada (izquierda), subestación GIS (derecha).

##### 2.3.1.2.1. Aislante hexafluoruro de azufre “SF<sub>6</sub>”

La base del aislamiento de las subestaciones blindadas es el gas SF<sub>6</sub> que le proporciona las características que las diferencia de las subestaciones convencionales aisladas en aire. La resistencia dieléctrica en un campo homogéneo es aproximadamente 2,5 veces mayor que la del aire a la misma temperatura y presión.

El diseño de los componentes bajo tensión es tal que produce una distribución de campo eléctrico homogénea, lo cual lleva a una utilización más eficiente de la resistencia intrínseca del gas aislante. La presión de carga es aproximadamente 15% mayor respecto a la presión nominal de aislamiento. Esto garantiza una densidad de gas suficiente a través de un largo período de funcionamiento. Para asegurar una pérdida de gas mínima durante la operación todos los cierres, conexiones y válvulas están sujetos, en fábrica, a rigurosos test de estanqueidad del gas. Según el diseño, cada polo constituye un compartimento de gas individual o se tienen los tres bajo una envolvente



blindada común. Dado que la resistencia dieléctrica de los aparatos de maniobra y el poder de interrupción del interruptor con SF<sub>6</sub> dependen de la densidad del gas SF<sub>6</sub>, un relé está instalado en cada cámara para controlar la densidad del gas y detectar pérdidas.

Para protección contra la sobrepresión excesiva debido a imprevistas faltas por arco interno, tiene instalado un diafragma metálico (disco de ruptura). Cuando se alcanza una sobrepresión predeterminada el disco de ruptura se romperá, se abrirá y liberará la presión que de otro modo causaría la rotura de la carcasa. Deflectores colocados frente al diafragma garantizan la seguridad del personal.

#### **2.3.1.2.2. Interruptores**

Son muy similares a los convencionales bajo el mismo principio de funcionamiento y de extinción de arco. Se pueden disponer en forma horizontal o vertical para optimización del tamaño de la subestación. El número de cámaras depende de la tensión nominal y del poder de corte del propio interruptor. El tipo de sistema de maniobra puede ser mecánico o hidromecánico.

#### **2.3.1.2.2. Seccionadores**

Se utilizan seccionadores deslizantes aptos para cortar las corrientes capacitivas que aparecen durante las maniobras de acoplamiento de partes de una instalación. Para optimizar la operación de estos en diferentes puntos de la instalación, las partes activas se encuentran dentro de envoltentes diferentes, con lo que se reduce al mínimo el número de uniones embridadas. Pueden adaptarse a diversos componentes y, según el esquema utilizado y las especificaciones del cliente, pueden montarse en cualquier punto de la instalación, sea como una simple puesta a tierra de mantenimiento, o como puesta a tierra de cierre rápido. Unos bulones de bloqueo provistos de candado o dispositivo similar aseguran el enclavamiento en la posición deseada.

El seccionador de puesta a tierra de mantenimiento es resistente a los cortocircuitos en la posición de cerrado. Constan de cárter de mecanismo con contacto deslizante incorporado y de una varilla de contacto maniobrada por palanca y bielas. La maniobra es unipolar a mano, o tripolar con motor. El seccionador de puesta a tierra de cierre rápido sirve para poner a tierra partes de la instalación en condiciones normales de servicio. Su mecanismo de maniobra tripolar puede ser apto para cerrar el dispositivo sobre cortocircuito.

#### **2.3.1.2.3. Transformadores de medida**

Los fines de los transformadores de medida en las subestaciones GIS son exactamente los mismos que en las subestaciones convencionales diferenciándose en las características constructivas de los mismos.

- *Transformadores de intensidad:* Los transformadores de intensidad utilizados para este tipo de aparataje son monofásicos y de tipo barra pasante, con núcleo anular y devanado secundario toroidal. Los núcleos se encuentran adheridos externamente a la envoltura metálica, fuera del recinto que contiene el gas SF<sub>6</sub>, separados por un blindaje cilíndrico de la región de alta tensión. El arrollamiento secundario está dispuesto sobre el núcleo y conectado a la caja de bornes. Es posible la conmutación de la relación de transformación por el lado secundario. Los esfuerzos producidos por la sobrepresión interna del gas y por la corriente que circula por la envoltura se transmiten a través de barras de tracción. El número máximo de núcleos que se pueden alojar en la carcasa envolvente dependerá de la relación de transformación y de las características de aquellos.
- *Transformadores de tensión inductivos:* El transformador de tensión inductivo tiene sus componentes alojados en una carcasa de aluminio fundido que forma un compartimiento propio de gas separado de los demás por un aislador cónico. El núcleo estratificado sostiene los devanados primario y secundario. El aislamiento entre las capas del devanado primario se realiza con láminas de material plástico y el

aislamiento entre el arrollamiento primario, recubierto con un electrodo de blindaje, y la carcasa externa queda a cargo del SF6.

- *Transformador de tensión capacitivo:* En el transformador de tensión capacitivo, el núcleo y los arrollamientos se reemplazan por un divisor capacitivo, el que se forma entre la carcasa metálica y el conductor. Éste va acoplado a un amplificador operacional que suministra las señales a los equipos de protección y medida.

#### **2.3.1.2.3. Descargadores**

Los pararrayos o descargadores van encapsulados y tienen una tensión de descarga más baja que los convencionales, debido a la ausencia de contaminación y a su conexión directa con el aparato de corte. Cuando la conexión con la red se realiza a través de una línea aérea, el pararrayos situado a la entrada puede ser convencional o aislado en SF6. Si se conecta a través de un cable de alta tensión, es aconsejable integrar el descargador dentro del encapsulado de la subestación blindada. Al igual que el resto de la instalación GIS para tensiones de hasta 170 kV las tres fases van alojadas dentro de una envolvente común.

Para tensiones superiores cada fase va montada en compartimentos individuales. Estos descargadores están formados al igual que los convencionales por discos apilados de óxidos metálicos los cuales tienen una resistencia variable. La diferencia es que por problemas de corrosión con el SF6 se cubren las caras laterales de los discos con una capa hermética de cristal pasivado, así se puede disipar mejor el calor gracias al gas durante, por ejemplo, descargas repetitivas.

Para evitar el exceso de tamaño de los descargadores en tensiones superiores 170 kV, los discos se apilan en tres columnas, formando un triángulo y conectados en serie. Cada columna tiene ejes de fibra de vidrio y muelles que comprimen los discos.

### 2.3.1.3. SUBESTACIONES MODULARES

Además de los dos tipos de subestaciones nombradas anteriormente, existen otras soluciones que en muchos casos se optan por ellas por sus cualidades económicas, de mantenimiento, espacio o por su rápido montaje y puesta en marcha. Estas son las siguientes:

- **Subestaciones prefabricadas:** Las subestaciones prefabricadas surgen como una solución sencilla y de poco tiempo de implementación para configuraciones estándares que no requieran características muy particulares. Las subestaciones prefabricadas más importantes son las compactas y modulares. Éstas utilizan módulos prefabricados de conexión integrada en cada parte de la subestación, para conseguir un diseño simple y fiable en los sistemas de transporte y distribución. Existen diferentes configuraciones según el nivel de tensión y la utilidad requerida. Además es posible añadir otros dispositivos tanto de medida como de seccionamiento o protección de sobretensiones. La base es un interruptor de SF<sub>6</sub> y las funciones de seccionamiento permiten tensiones de 52 a 245 kV mediante ejecución extraíble y tensiones de 300 a 800 kV mediante un seccionador pantógrafo. Las primeras realizan un seccionamiento desplazando el bloque del interruptor del embarrado, las segundas tienen incorporado un seccionador clásico.

Otra posibilidad son las subestaciones compactas modulares integradas, en las cuales un mismo dispositivo específicamente diseñado realiza simultáneamente las funciones de interruptor, transformador de intensidad y seccionamiento.



Figura 19 Subestación prefabricada.

- *Subestaciones Híbridas:* Este tipo de subestación modular presenta características de ambas tecnologías AIS y GIS. Los embarrados siguen estando aislados en aire pero la aparamenta viene integrada en un único compartimento aislado en gas tipo GIS. Así se puede compactar una fase de una subestación de intemperie aislada en aire en un elemento sencillo y de mucho menor tamaño; una subestación HIS requiere menos de la mitad de espacio comparable con una AIS, de manera que la construcción es muy sencilla, fácil y económica. En el caso de nuevos proyectos, los altos precios del terreno y la alta complejidad de los procesos de aprobación, hacen del espacio uno de los factores más decisivos y costosos en la planeación de una subestación.

Con la solución HIS, los interruptores, seccionadores, cuchillas de puesta a tierra y transformadores son acomodados en envolturas con gas comprimido, lo que hace a la subestación extremadamente compacta. Se puede utilizar para un rango de tensiones de entre 72.5 kV y 550 kV, para servicio exterior. Cada módulo está compuesto por un interruptor, seccionadores, elementos de medida de tensión y corriente y pasatapas. Para el diseño del interruptor, de los seccionadores y de los seccionadores de puesta a tierra se utiliza la tecnología de las subestaciones blindadas. Los transformadores de medida y protección convencionales son sustituidos por transformadores toroidales para la medida de corriente y transformadores capacitivos para la medida de tensión.



Figura 20 Subestación híbrida

- *Subestaciones móviles:* Se trata de un equipo fácilmente transportable que incluye parque móvil de alta tensión, parque móvil de baja tensión y transformador móvil, normalmente de 15 a 25 MVA, formando un único equipo funcional interconectado eléctricamente entre sí. Suele incluirse el armario de protección para cada posición alta y baja tensión, así como alimentación propia de corriente alterna, continua y a nivel de comunicaciones, lo que le confiere una característica de autonomía que posibilita su implantación fuera de subestación.

Las aplicaciones de las subestaciones móviles permiten el establecimiento rápido del servicio ante situaciones de emergencia, garantizan la continuidad del suministro durante mantenimientos programados o reparaciones y ampliaciones de subestaciones convencionales, actúan de apoyo en puntas, permiten gestionar las inversiones en función del ritmo de crecimiento de la demanda y dan atención inmediata para petición de suministro urgente.



**Figura 21 Subestación móvil**

## 2.4. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 2.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La subestación será de tipo blindada con una configuración de doble barra en alta y media tensión, con acoplamiento transversal en alta tensión y acoplamiento longitudinal y transversal en media tensión.

La subestación estará constituida por un edificio de dos plantas de dimensiones aproximadas de 40 x 49 m., siendo la segunda planta un sótano que albergara los cables para el conexionado entre celdas y la llegada de las líneas, con una altura libre de unos 2.5m.

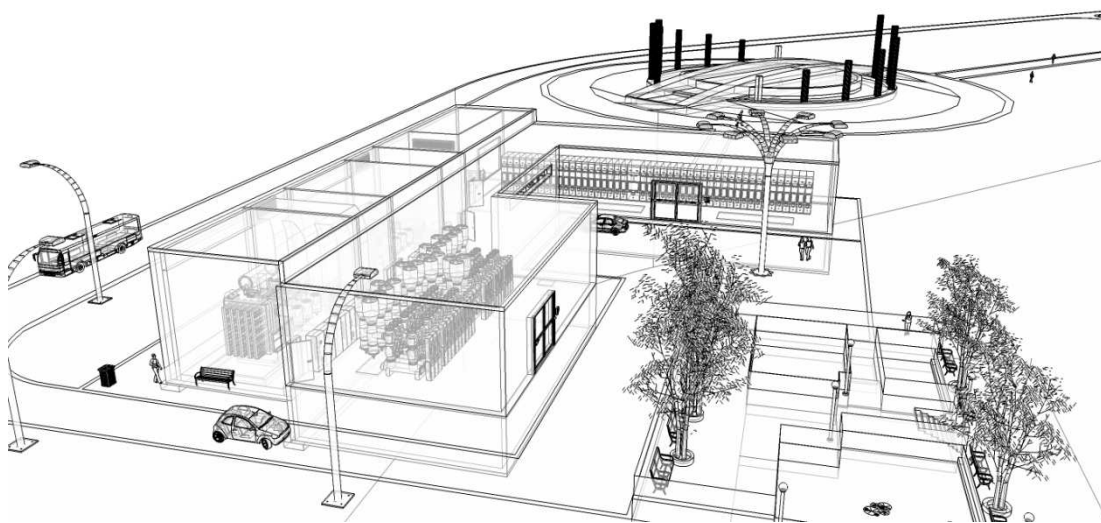


Figura 22 Modelado 3D edificio de la subestación.

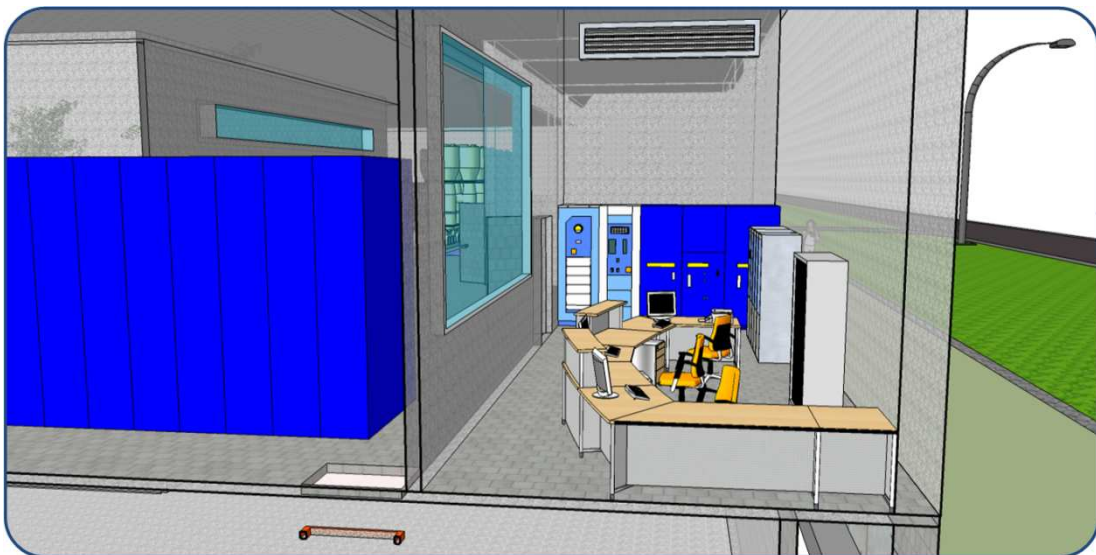
La sala de celdas GIS tendrá una altura libre de unos 6.5 m sobre el nivel del suelo y dispondrá de un puente grúa para su montaje y mantenimiento.





**Figura 23 Modelado 3D sección lateral izquierda de la sala de celdas GIS.**

En uno de los extremos del edificio existirá una Sala de Control donde se ubicarán los equipos de control, protecciones, medida, comunicaciones y las cabinas y paneles eléctricos de alimentación de los sistemas auxiliares. Estas salas tendrán una altura libre de unos 6.5 m.



**Figura 24 Modelado 3D sección lateral izquierda de la sala de control.**

En la zona de celdas de la GIS de 220 kV, los cables de (fuerza y control e instrumentación) discurrirán por zanjas realizadas en el suelo de la planta principal mediante bandejas de escalera.

Se dispondrán dos habitaciones para el uso exclusivo de los transformadores donde únicamente se encontrarán estos y sus equipos de refrigeración. El acceso a estas se hará mediante unas escaleras de tramex, puesto que se encuentran a una cota inferior de la del resto de la subestación

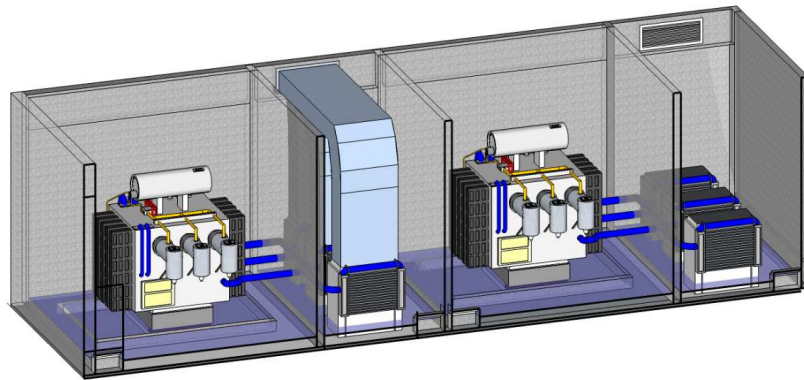


Figura 25 Modelado 3D sección frontal sala de transformadores.

El suelo de las habitaciones de los transformadores tendrá en su parte más superficial una rejilla tramex para facilitar el tránsito de los operarios en su montaje y mantenimiento, estando por debajo de este las bancadas de los transformadores.

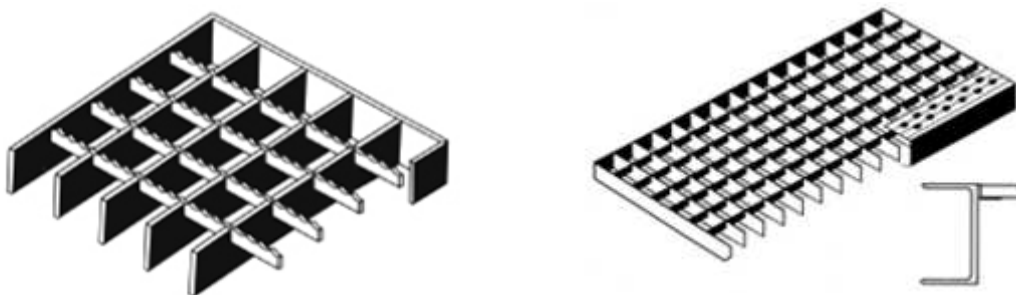


Figura 26 Emparrillado tramex (izquierda), escalón tramex (derecha).

En las salas de control y servicios auxiliares se instalará falso suelo por donde discurrirán bandejas de escalera para los cables de fuerza y control e instrumentación.

El edificio estará equipado con las instalaciones auxiliares necesarias, como alumbrado, tomas de corriente, sistema contraincendios y sistema antiintrusismo; además, la sala de control dispondrá de un sistema de climatización.

A continuación se describen los equipos a instalar en el lado alta y media tensión:

*En el lado de alta tensión:*

- Dos (2) transformadores con regulación en carga de relación de transformación  $220 \pm 9 \times 1.5\%$  / 20 kV, 60 MVA, ONAF.
- Cuatro (4) posiciones de línea, que recogen cada una de ellas las líneas correspondientes a las subestaciones interconectadas con la nuestra y son Fuencarral I, Fuencarral II, Hortaleza y San Sebastián de los Reyes.
- Dos (2) posiciones de transformador.
- Una (1) posición de acoplamiento.
- Una (1) posición de medida con la puesta a tierra de las barras.

*En el lado de media tensión*

Hay 43 posiciones, cada una de ellas correspondiente a una celda propia, distinguiéndose:



Figura 27 Modelado 3D sección frontal de las 47 posiciones de media

- Treinta y dos (32) posiciones de línea.
- Dos (2) posiciones de transformador.
- Dos (2) posiciones de transformador auxiliar.
- Dos (2) posiciones de acoplamiento transversal.
- Una (1) posición de acoplamiento longitudinal.
- Dos (2) posiciones de línea destinada a baterías de condensadores
- Dos (2) posiciones de medida.

Cada posición tiene una celda de alta tensión asociada. Además de las celdas de alta y media tensión se instalarán los siguientes equipos en la subestación:

- Los equipos de control y protecciones para control, protección, señalización y mando a nivel local.
- Los equipos necesarios para mando, protección y supervisión de la subestación mediante un sistema centralizado.
- Equipos de transmisión y comunicaciones con el despacho de maniobra con la sala de control de la subestación.

- Equipos de servicios auxiliares.
- Baterías de condensadores.

#### 2.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE A.T.

A continuación se describen los equipos a instalar en las celdas según la funcionalidad de cada una dentro de la subestación:

##### *Celda de línea (4):*

- Un (1) interruptor tripolar, 1250 A, 50 kA, encapsulado en SF<sub>6</sub> incluyendo estructura soporte, fabricados y ensayados según IEC 62271-100.
- Un (1) transformador de intensidad por fase, constando cada uno de cuatro secundarios, 1000/5-5-5-5, de los cuales tres serán destinados a protección 30 VA, 5P20, uno será destinado a medida y facturación 20VA, 0.2s, encapsulados en SF<sub>6</sub>, fabricados y ensayados según IEC 60044-1.
- Un (1) transformador de tensión por fase, costando cada uno de tres secundarios,  $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}$  kV, primer secundario destinado a y facturación 20 VA, 0.2s y segundo y tercer secundario para protección 30 VA, 3P, encapsulado en SF<sub>6</sub>, fabricado y ensayado según IEC 60044-2.
- Dos (2) seccionadores trifásicos encapsulados en SF<sub>6</sub>, incluyendo estructuras soporte, fabricados y ensayados según IEC 62271-102.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de puesta a tierra encapsulados en SF<sub>6</sub>, fabricados y ensayados según IEC 62271-102.

##### *Celda de transformador (2):*

- Un (1) interruptor tripolar, 1250 A, 50 kA, encapsulado en SF<sub>6</sub>, incluyendo estructura soporte, fabricados y ensayados según IEC 62271-100.



- Un (1) transformador de intensidad por fase, constando cada uno de cuatro secundarios, 800/5-5-5-5, de los cuales tres serán destinados a protección 30 VA, 5P20, uno será destinado a medida y facturación 10VA, 0.2s, encapsulados en SF<sub>6</sub>, fabricados y ensayados según IEC 60044-1.
- Dos (2) seccionadores trifásicos encapsulados en SF<sub>6</sub>, incluyendo estructuras soporte, fabricados y ensayados según IEC 62271-102.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de puesta a tierra encapsulados en SF<sub>6</sub>, fabricados y ensayados según IEC 62271-102.

#### Celda de medida (1):

- Un (1) transformador, uno por barra y por fase, costando cada uno de tres secundarios,  $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}$  kV, primer secundario destinado a medida 30 VA, cl. 0.5, segundo y tercer secundario para protección 50 VA, 3P, encapsulado en SF<sub>6</sub>, fabricado y ensayado según IEC 60044-2.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de puesta a tierra encapsulados en SF<sub>6</sub>, uno por barra fabricados y ensayados según IEC 62271-102.

#### Celda de acoplamiento (1):

- Un (1) interruptor tripolar, 2000 A, 50 kA, encapsulado en SF<sub>6</sub>, incluyendo estructura soporte, fabricados y ensayados según IEC 62271-100.
- Un (1) transformador de intensidad por fase, constando cada uno de cuatro secundarios, 3000/5-5-5-5, de los cuales tres serán destinados a protección 30 VA, 5P20, uno será destinado a medida y facturación 30VA, 0.2s, encapsulados en SF<sub>6</sub>, fabricados y ensayados según IEC 60044-1.

#### 2.4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE M.T.

A continuación se describen los equipos a instalar en las celdas según la funcionalidad de cada una dentro de la subestación:

**Celda de línea (32):**

- Un (1) interruptor tripolar, 630 A, 31.5 kA, de corte en vacío, con accionamiento por motor, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Un (1) transformador de intensidad por fase, constando cada uno de dos secundarios, 630/5-5, donde uno será destinado a medida 15 VA, cl. 0.2 y el otro será destinado a protección 15VA, 5P20, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Un (1) transformador de intensidad toroide por fase, destinado a protección, 50/1, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de corte en vacío, de mando motorizado, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Un (1) seccionador trifásico de corte en vacío, de mando motorizado, de puesta a tierra, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.

**Celda de medida (2):**

- Un (1) transformador, por barra y por fase, costando cada uno de tres secundarios,  $\frac{20}{\sqrt{3}} / \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}$  kV, primer secundario destinado a medida cl. 0.5, y los otros dos secundarios para protección, 3P.

**Celda transformador auxiliar (2):**

- Un (1) interruptor tripolar, 630 A, 31.5 kA, de corte en vacío, con accionamiento por motor, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Un (1) transformador de intensidad por fase, constando cada uno de dos secundarios, 630/5-5, donde uno será destinado a medida 15 VA, cl. 0.2 y el otro será destinado a protección 15VA, 5P20, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.

- Un (1) transformador de intensidad toroidal por fase, destinado a protección, 50/1, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de corte en vacío, de mando motorizado, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Un (1) seccionador trifásico de corte en vacío, de mando motorizado, de puesta a tierra, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.

**Celda transformador (2):**

- Un (1) interruptor tripolar, 2000 A, 31.5 kA, de corte en vacío, con accionamiento por motor, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Un (1) transformador de intensidad por fase, constando cada uno de tres secundarios, 2000/5-5-5, donde uno será destinado a medida 15 VA, cl. 0.2 y los otros dos serán destinados a protección 15VA, 5P20, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de corte en vacío, de mando motorizado, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Un (1) seccionador trifásico de corte en vacío, de mando motorizado, de puesta a tierra, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.

**Celda de acoplamiento longitudinal (1):**

- Dos (2) interruptores tripolares, 2000 A, 31.5 kA, de corte en vacío, con accionamiento por motor, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Cuatro (4) seccionadores trifásicos de corte en vacío, de mando motorizado, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Cuatro (4) seccionador trifásico de corte en vacío, de mando motorizado, de puesta a tierra, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.



**Celda de acoplamiento transversal (2):**

- Un (1) interruptor tripolar, 2000 A, 31.5 kA, de corte en vacío, con accionamiento por motor, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de corte en vacío, de mando motorizado, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Un (1) seccionador trifásico de corte en vacío, de mando motorizado, de puesta a tierra, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.

**Celda de batería de condensadores (2):**

- Un (1) interruptor tripolar, 630 A, 31.5 kA, de corte en vacío, con accionamiento por motor, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Un (1) transformador de intensidad por fase, constando cada uno de dos secundarios, 630/5-5, donde uno será destinado a medida 15 VA, cl. 0.2 y el otro será destinado a protección 15VA, 5P20, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.
- Dos (2) seccionadores trifásicos de corte en vacío, de mando motorizado, fabricados y ensayados según IEC 62271-200.
- Un (1) seccionador trifásico de corte en vacío, de mando motorizado, de puesta a tierra, fabricado y ensayado según IEC 62271-200.

#### **2.4.2. CELDAS BLINDADAS DE ALTA TENSIÓN**

Como ya se comentó anteriormente, habrá cuatro (4) celdas blindadas de alta tensión para las posiciones de línea, dos (2) para las posiciones de transformador, una (1) de acoplamiento y finalmente una (1) de medida. A continuación se describen las características de los equipos a instalar en cada una de las celdas.

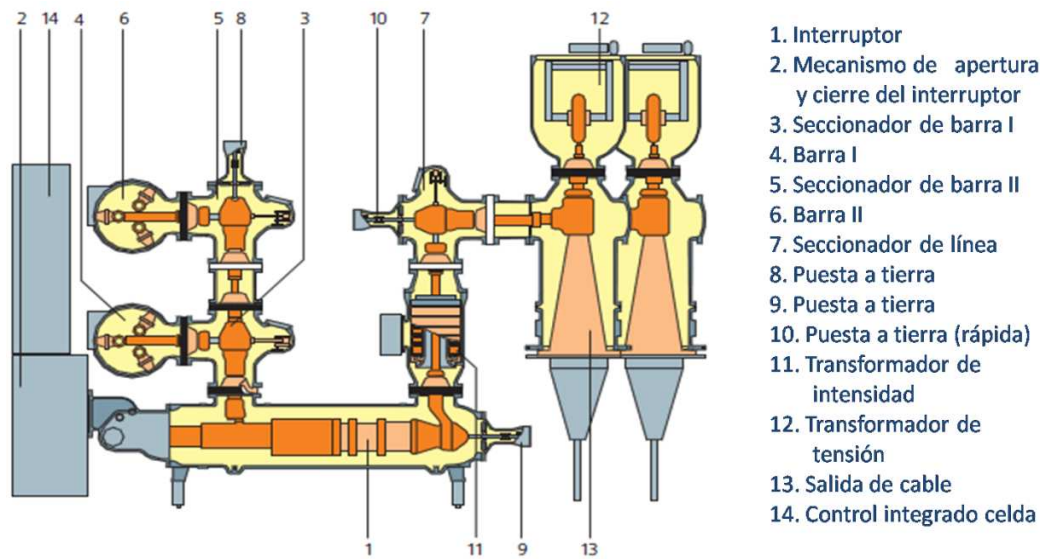


Figura 28 Esquema interior de celda GIS

#### 2.4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE A.T.

##### 2.4.2.1.1. Interruptores

Los interruptores a suministrar deberán tener las siguientes características:

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| • Número de polos                                  | 3                           |
| • Tipo de mando                                    | Unipolar                    |
| • Instalación                                      | Interior                    |
| • Tipo   | SF <sub>6</sub>             |
| • Tensión de servicio                              | 220 kV                      |
| • Tensión máxima de servicio                       | 245 kV                      |
| • Frecuencia asignada                              | 50 Hz                       |
| • Neutro del sistema                               | Rígidamente puesto a tierra |
| • Nivel de aislamiento:                            |                             |
| • Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min) |                             |
| • A tierra y entre polos                           | 460 kV                      |
| • A través de la distancia de aislamiento          | 530 kV                      |

- Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s)
  - A tierra y entre polos 1050 kV cresta
  - A través de la distancia de aislamiento 1200 cresta
- Poder de corte de líneas en vacío 125 A
- Poder de corte de cables en vacío 250 A
- Cámaras de corte por polo 1
- Intensidad nominal asignada de corta duración 50 kA
- Intensidad dinámica (2.5Icc) 125 kA
- Duración del cortocircuito 3 s
- Intensidad nominal asignada:
  - Interruptor de línea 1250 A
  - Interruptor de transformador 2000 A
  - Interruptor de acoplamiento 2000 A
- Factor del primer polo 1,3
- Secuencia de maniobra nominal, IEC O-0,3 seg-CO-3 min-CO
- Tiempo total de corte para una intensidad de corte igual al poder de corte nominal en cortocircuito 3 ciclos
- Mando:
  - Tipo: Acumulación de energía mediante resorte, y motorizados en c.c. Diseñados para reemprender rápidos reenganches unipolares o tripolares.
    - Cantidad Uno (1) por polo

Los interruptores de A.T., serán trifásicos, de hexafluoruro de azufre como medio de extinción, mandos unipolares por resorte y motorizados en c.c.

Sus características mecánicas serán las definidas como clase M2 en CEI 62271-100, es decir, interruptores con frecuentes maniobras y con mantenimiento limitado.

Respecto al corte de corrientes capacitivas, serán de clase C2 según CEI 62271-100, es decir, muy baja probabilidad de reencendido en el corte de corrientes capacitivas.

Estarán diseñados tanto para el corte de la plena corriente de cortocircuito como para la maniobra de líneas en vacío y/o de pequeñas intensidades inductivas.

Estarán diseñados para efectuar reenganches rápidos unipolares o tripolares a través de equipos de reenganche externos al control propio del interruptor. Cada polo del interruptor dispondrá de un indicador de posición de aquél.

Todos los elementos del interruptor que estén sometidos al paso de la corriente del cortocircuito, deberán soportar los efectos térmicos de esta corriente durante 3 s. Asimismo, deberán soportar sin deterioro los efectos electrodinámicos producidos por el valor de cresta de la citada corriente.

Las maniobras de apertura y cierre de todos los interruptores se podrán realizar de las siguientes formas:

- Mando eléctrico local, desde el armario de accionamiento situado en sus proximidades.
- Mando eléctrico local, desde el cuadro de control.
- Maniobra manual (lenta), desde el mando.

Tanto las órdenes de cierre como las de apertura deberán ser bloqueadas si el interruptor se encuentra en la posición que se desea conseguir, a través de la citada orden. También se deberá prever un relé “antibombeo” por polo en el circuito de cierre, que impida la repetición de la maniobra de cierre en el caso de una orden mantenida.

No se instalarán relés antibombeo en el circuito de apertura, permitiendo la maniobra segura del interruptor mediante la adecuada regulación de la carrera de sus contactos auxiliares.

La maniobra de apertura tendrá prioridad sobre la de cierre, pero no se ejecutará hasta que la maniobra de cierre, una vez iniciada, se ha completado, es decir, hasta que se haya producido el cierre de los contactos principales. Está previsto ordenar apertura automática del interruptor en el caso de que alguna fase no complete la operación de cierre y apertura (discordancia de polos).

La carga del resorte será por medio de motor eléctrico de corriente continua de 125 V, también de forma manual. La carga del resorte manual será con ayuda de una manivela, la cual al ser insertada en el alojamiento de actuación bloqueará automáticamente la alimentación del motor de carga automática.

El motor de carga del resorte y su equipo eléctrico auxiliar funcionarán satisfactoriamente para todos los valores de tensión nominal de alimentación comprendidas entre 85% y 115% de la tensión nominal de alimentación del dispositivo de cierre. El resorte podrá cargarse automáticamente en cualquier posición del interruptor, abierto o cerrado.

Cada polo tendrá una bobina de apertura y dos de disparo. Las bobinas funcionaran satisfactoriamente a 125 Vc.c. para todos los valores de tensión nominal comprendidos entre el 70% y el 115%.

#### **2.4.2.1.2. Seccionadores**

Los seccionadores a instalar deberán tener las siguientes características:

- |                              |          |
|------------------------------|----------|
| • Número de polos            | 3        |
| • Instalación                | Interior |
| • Tipo                       | SF6      |
| • Tensión de servicio        | 220 kV   |
| • Tensión máxima de servicio | 245 kV   |
| • Frecuencia asignada        | 50 Hz    |

- Nivel de aislamiento:
  - Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)
    - A tierra y entre polos 460 kV
    - A través de la distancia de aislamiento 530 kV
  - Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s)
    - A tierra y entre polos 1050 kV cresta
    - A través de la distancia de aislamiento 1200 cresta
- Intensidad nominal asignada de corta duración 50 kA
- Intensidad dinámica (2.5Icc) 125 kA
- Duración del cortocircuito 1 s
- Intensidad nominal asignada
  - Seccionador de línea 1250 A
  - Seccionador de transformador 2000 A
  - Seccionador de acoplamiento 2000 A
- Mando:
- Cuchillas principales y cuchillas de p. a t.:
  - Tipo Eléctrico motor 125 V c.c.
  - Margen admisible de tensión 70÷110%

Los seccionadores estarán diseñados de forma que funcionando en servicio continuo a su intensidad nominal, los calentamientos sobre la temperatura ambiente de las diferentes partes del seccionador no excedan de los valores máximos indicados en la tabla 3 de la norma IEC 60694.

Los seccionadores serán capaces de soportar sin daño las solicitudes mecánicas y térmicas producidas por el valor de cresta de la intensidad de cortocircuito nominal y por la intensidad de corta duración admisible nominal durante 1 seg. según se especifica en la Norma IEC 62271-121.

El nivel de radio-interferencia (RIV), estará de acuerdo con el apartado 6.3 de la norma IEC 60694.

Los 4 seccionadores de p. a t. más cercanos a las entradas/salidas de la subestación, serán de p. a t. rápida.

#### **2.4.2.1.3. Transformadores de medida y protección**

Se distinguirá entre transformadores de intensidad de medida y protección y transformadores de tensión de medida y protección. A continuación se describen las características de diseño de dichos transformadores.

##### *TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD DE MEDIDA Y PROTECCIÓN:*

• Instalación	Interior
• Tipo aislamiento	SF6
• Tensión nominal asignada	220 kV
• Tensión máxima asignada	245 Kv
• Frecuencia asignada	50 Hz
• Número de secundarios	
• Posición de línea	4
• Posición de transformador	4
• Posición de acoplamiento	4
• Relación de transformación	
• Posición de línea	1000/5-5-5-5 A
• Posición de transformador	800/5-5-5-5 A
• Posición de acoplamiento	2000/5-5-5-5 A
• Potencia y clase de precisión	
• Primer secundario ( <i>protección</i> )	
• Posición de línea	30 VA, 5P20
• Posición de transformador	30 VA, 5P20

• Posición de acoplamiento	30 VA, 5P20
• Segundo secundario (protección)	
• Posición de línea	30 VA, 5P20
• Posición de transformador	30 VA, 5P20
• Posición de acoplamiento	30 VA, 5P20
• Tercer secundario (protección)	
• Posición de línea	30 VA, 5P20
• Posición de transformador	30 VA, 5P20
• Posición de acoplamiento	30 VA, 5P20
• Cuarto secundario (medida y facturación)	
• Posición de línea	20 VA, CL. 0.2s
• Posición de transformador	20 VA, CL. 0.2s
• Posición de acoplamiento	20 VA, CL. 0.2s
• Tensión soportada asignada al impulso tipo rayo del arrollamiento primario	1050 kV cresta
• Tensión soportada asignada a frecuencia industrial del arrollamiento primario	460 kV
• Tensión soportada asignada a frecuencia industrial de los arrollamientos secundarios	3 kV
• Tensión soportada asignada entre espiras	4,5 kV cresta
• Intensidad de cortocircuito límite térmica durante 1 s	50 kA
• Intensidad de cortocircuito límite dinámica	125 kA cresta
• Intensidad límite térmica nominal	1,2 In
• Factor de sobretensión permanente	1

Los transformadores de intensidad estarán diseñados para no sobrepasar los límites de calentamiento indicados en el apartado 4.6 de la Norma IEC 60044-1.



Los transformadores de intensidad serán capaces de soportar sin daño, las solicitaciones térmicas y mecánicas producidas por las intensidades de cortocircuito especificadas.

Los transformadores de intensidad de medida no deberán sobrepasar los límites del error de intensidad y del desfase indicados en el apartado 11.2 de la norma IEC 60044-1.

Los transformadores de intensidad de protección no deberán sobrepasar los límites de error de intensidad, desfase y error compuesto indicados en el apartado 12.3 de la Norma IEC 60044-1.

*TRANSFORMADORES DE TENSIÓN DE MEDIDA Y PROTECCIÓN:*

- |   |  |
|---|--|
| • Instalación                                       | Interior   |
| • Tipo  | SF6  |
| • Tensión nominal asignada                          | 220 kV   |
| • Tensión máxima de servicio entre fases            | 245 kV   |
| • Frecuencia asignada                               | 50 Hz  |
| • Número de secundarios                             |  |
| • Posición de línea                                 | 3  |
| • Posición de medida                                | 3  |
| • Relación de transformación                        |  |
| • Posición de línea                                 | $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}$ kV |
| • Posición de medida                                | $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}$ kV |
| • Potencia y clase de precisión                     |  |
| • Primer secundario ( <i>medida y facturación</i> ) |  |
| • Posición de línea                                 | 20 VA, CL. 0.2   |
| • Posición de medida                                | 30 VA, CL. 0.5   |
| • Segundo secundario (protección)                   |  |

- Posición de línea 30 VA, 3P
  - Posición de medida 50 VA, 5P20
- Tercer secundario (protección)
  - Posición de línea 30 VA, 3P
  - Posición de medida 50 VA, 5P20
- Factor de tensión nominal:
  - En servicio continuo 1,2
  - En máximo de 30 seg. 1,5
- Tensión soportada asignada al impulso 1050 kV cresta  
tipo rayo del arrollamiento primario
- Tensión soportada asignada a frecuencia 460 kV  
industrial del arrollamiento primario
- Tensión soportada asignada a frecuencia 2 kV  
industrial entre arrollamientos secundarios  
y cada uno de éstos y tierra

Los transformadores de tensión estarán diseñados para no sobrepasar los límites de calentamiento indicados en el apartado 5.4 de la Norma IEC 60044-2.

Los transformadores de tensión para medida no sobrepasarán los límites del error de tensión y del desfase indicados en el apartado 12.2 de la Norma IEC 60044- 2.

Los transformadores de tensión para protección no deberán sobrepasar los límites del error de tensión y del desfase indicados en el apartado 13.2 de la Norma IEC 60044-2.

#### 2.4.2.2. EMBARRADOS

Los parámetros básicos para el diseño del embarrado de la subestación son:

- Configuración Doble barra

• Tipo	Blindada SF6
• Estado del neutro	Rígido a tierra
• Tensión de servicio asignada	220 kV
• Tensión asignada más elevada para el material	245 kV
• Nivel de aislamiento	
• Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	
• A tierra y entre polos	460 kV
• A través de la distancia de aislamiento	530 kV
• Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 $\mu$ s)	
• A tierra y entre polos	1050 kV cresta
• A través de la distancia de aislamiento	200 kV cresta
• Intensidad asignada de corta duración	50 kA
• Intensidad dinámica	125 kA cresta
• Duración del cortocircuito	1 s

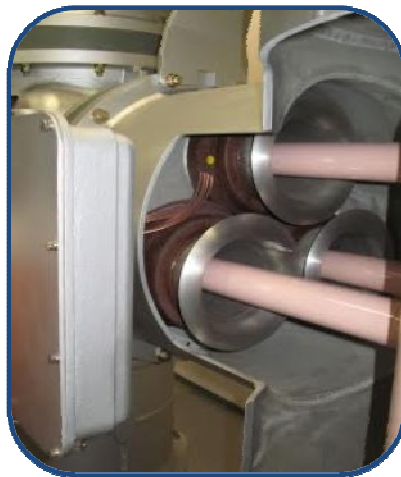


Figura 29 Interior barra de celda GIS.

#### 2.4.2.3. TERMINALES DE ALTA TENSIÓN

Los terminales a instalar tienen las siguientes características:

- |   |                |
|---|----------------|
| • Tipo  | HV GIS/TRF     |
| • Tensión de servicio asignada                  | 220 kV         |
| • Tensión asignada más elevada para el material | 245 Kv         |
| • Frecuencia asignada                           | 50 Hz          |
| • Nivel de aislamiento                          |                |
| • Tensión asignada a impulso tipo rayo          | 1050 kV cresta |
| • Tensión de vacío                              |                |
| • U <sub>0</sub>                                | 127 kV         |
| • 1.5U <sub>0</sub>                             | 190 kV         |
| • 2U <sub>0</sub>                               | 254 kV         |



Figura 30 Terminal de alta tensión 220 kV.

Los ensayos de tensión a los que ha sido sometido cumplen con lo establecido en la norma IEC 62067. Las dimensiones y peso se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma IEC 60859.

#### 2.4.3. CELDAS BLINDADAS DE MEDIA TENSIÓN

Como ya se comentó anteriormente, habrá treinta y dos (32) celdas de línea, dos (2) celdas de los transformadores principales, dos (2) celdas de los transformadores auxiliares, dos (2) celdas de baterías de condensadores, dos (2) celdas de medida, dos

(2) celdas de acoplamiento transversal y finalmente, una (1) celda de acoplamiento longitudinal.

A continuación se describen las características de los equipos a instalar en cada una de las celdas.



Figura 31 Celdas de media tensión

#### 2.4.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE M.T.

##### 2.4.3.1.1. Interruptores

Los interruptores a suministrar deberán tener las siguientes características:

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| • Número de polos            | 3                           |
| • Tipo de mando              | Unipolar                    |
| • Instalación                | Interior                    |
| • Tipo                       | Corte en vacío              |
| • Tensión de servicio        | 20 kV                       |
| • Tensión máxima de servicio | 24 kV                       |
| • Frecuencia asignada        | 50 Hz                       |
| • Neutro del sistema         | Rígidamente puesto a tierra |

- Nivel de aislamiento:
  - Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min) 50 Kv eficaces
  - Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s) 125 kV cresta
- Poder de corte de líneas en vacío 125 A
- Poder de corte batería de condensadores 400 A
- Poder de corte de cables en vacío 250 A
- Intensidad nominal asignada de corta duración 31.5 kA
- Intensidad dinámica (2.5Icc) 78.75 kA
- Duración del cortocircuito 3 s
- Intensidad nominal asignada
  - Interruptor de línea 630 A
  - Interruptor de transformador auxiliar 630 A
  - Interruptor de transformador principal 2000 A
  - Interruptor de acoplamiento longitudinal 2000 A
  - Interruptor de acoplamiento transversal 2000 A
  - Interruptor batería de condensadores 630 A
- Endurancia eléctrica E2
- Endurancia mecánica M2 (1000 maniobras)
- Secuencia de maniobra nominal, IEC O-0,3 seg-CO-15 seg-CO
- Mando:
  - Tipo: Mando motorizado, con alimentación de 125 V c.c., tiempo de carga de muelles inferior a 15 seg., 2 bobinas de apertura a emisión de tensión, una (1) bobina de cierre y una (1) bobina de mínima tensión.
  - Cantidad Uno (1) por polo

Resistencia ante arco interno se acreditada con los ensayos realizados cumpliendo los criterios de la norma IEC 62271-200.

Interruptor automático ensayado y fabricado según la norma IEC 62271-100.

Indicadores visuales del estado de la aparamenta mediante esquemas sinópticos e indicadores visuales de la presencia o ausencia de tensión.

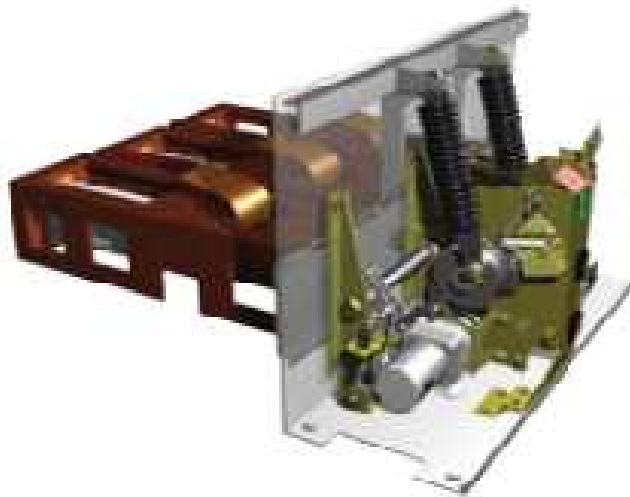


Figura 32 Interruptor celda media tensión.

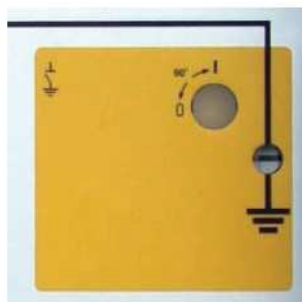
#### 2.4.3.1.2. Seccionadores

Los seccionadores a suministrar deberán tener las siguientes características:

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| • Número de polos                                  | 3                           |
| • Tipo de mando                                    | Unipolar                    |
| • Instalación                                      | Interior                    |
| • Tipo   | Corte en vacío              |
| • Tensión de servicio                              | 20 kV                       |
| • Tensión máxima de servicio                       | 24 kV                       |
| • Frecuencia asignada                              | 50 Hz                       |
| • Neutro del sistema                               | Rígidamente puesto a tierra |
| • Nivel de aislamiento:                            |                             |
| • Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min) | 50 Kv eficaces              |

- Tensión asignada a impulso 125 kV cresta  
tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s)
- Intensidad nominal asignada de corta duración 31.5 kA
- Intensidad dinámica (2.5I<sub>cc</sub>) 78.75 kA
- Duración del cortocircuito 3 s
- Intensidad nominal asignada
  - Seccionador de línea 2000 A
  - Seccionador de transformador auxiliar 2000 A
  - Seccionador de transformador principal 2000 A
  - Seccionador de acoplamiento longitudinal 2000 A
  - Seccionador de acoplamiento transversal 2000 A
  - Seccionador batería de condensadores 2000 A
- Endurancia eléctrica E0
- Mando:
  - Tipo: Mando motorizado, con alimentación de 125 V c.c.
  - Cantidad Uno (1) por polo

Para la operación manual, cierre en sentido horario y apertura en sentido inverso.  
Palancas independientes para el seccionador y el seccionador de puesta a tierra.



**Figura 33 Frontal exterior de seccionador celda media tensión**



#### 2.4.3.1.3. Transformadores de medida y protección

Se distinguirá entre transformadores de intensidad de medida y protección y transformadores de tensión de medida y protección. A continuación se describen las características de diseño de dichos transformadores.

##### *TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD DE MEDIDA Y PROTECCIÓN:*

- |  |                 |
|--|-----------------|
| • Instalación                              | Interior        |
| • Tensión nominal asignada                 | 20 kV           |
| • Tensión máxima asignada                  | 24 kV           |
| • Frecuencia asignada                      | 50 Hz           |
| • Número de secundarios                    |                 |
| • Posición de línea                        | 3               |
| • Posición de transformador auxiliar       | 3               |
| • Posición de transformador principal      | 3               |
| • Posición de batería de condensadores     | 3               |
| • Relación de transformación               |                 |
| • Posición de línea                        | 150-300/5-5-5   |
| • Posición de transformador auxiliar       | 150-300/5-5-5   |
| • Posición de transformador principal      | 1000-2000/5-5-5 |
| • Posición de batería de condensadores     | 150-300/5-5-5   |
| • Potencia y clase de precisión            |                 |
| • Primer secundario ( <i>medida</i> )      |                 |
| • Posición de línea                        | 25 VA, CL. 0.5  |
| • Posición de transformador auxiliar       | 25 VA, CL. 0.5  |
| • Posición de transformador principal      | 25 VA, CL. 0.5  |
| • Posición de batería de condensadores     | 25 VA, CL. 0.5  |
| • Segundo secundario ( <i>protección</i> ) |                 |
| • Posición de línea                        | 25 VA, 5P20     |
| • Posición de transformador auxiliar       | 25 VA, 5P20     |

- Posición de transformador principal 25 VA, 5P20
- Posición de batería de condensadores 25 VA, 5P20
- Tercer secundario (*protección*)
  - Posición de línea 25 VA, 5P20
  - Posición de transformador auxiliar 25 VA, 5P20
  - Posición de transformador principal 25 VA, 5P20
  - Posición de batería de condensadores 25 VA, 5P20
- Nivel de aislamiento 0.72 kV
- Intensidad de cortocircuito límite térmica durante 1 s 31.5 kA
- Intensidad de cortocircuito límite dinámica 78.75 kA cresta
- Intensidad límite térmica nominal 1,2 In
- Factor de sobretensión permanente 1

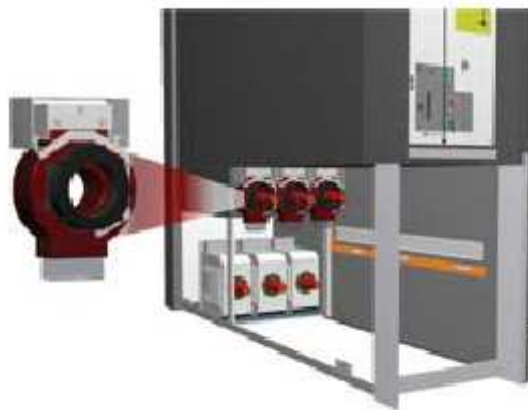


Figura 34 Transformador de intensidad celda de media tensión.

*TRANSFORMADORES DE TENSIÓN DE MEDIDA Y PROTECCIÓN:*

- Instalación Interior
- Tensión nominal asignada 20 kV
- Tensión máxima de servicio entre fases 24 kV
- Frecuencia asignada 50 Hz

- Número de secundarios
  - Posición de medida 3
- Relación de transformación
  - Posición de medida  $\frac{20}{\sqrt{3}} / \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}, \frac{0.110}{\sqrt{3}}$  kV
- Potencia y clase de precisión
  - Primer secundario (*medida*)
    - Posición de medida 25 VA, CL. 0.5
  - Segundo secundario (*protección*)
    - Posición de medida 25 VA, 3P
  - Tercer secundario (*protección*)
    - Posición de medida 25 VA, 3P
- Factor de tensión nominal:
  - En servicio continuo 1,2
  - En servicio nominal cada 8 h 1.9
- Nivel de aislamiento 0.72 kV

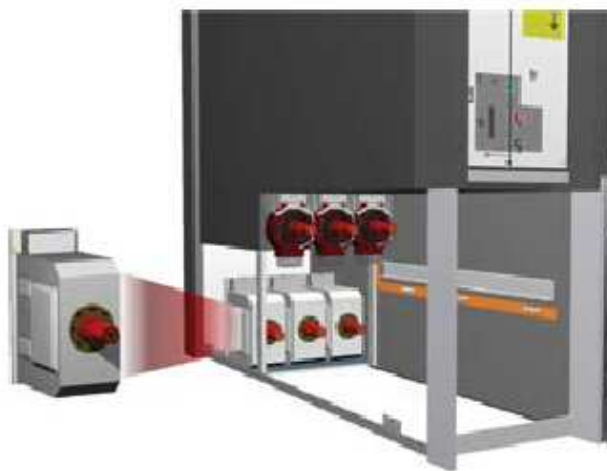


Figura 35 Transformador de tensión celda de media tensión

#### 2.4.3.2. EMBARRADOS

Los parámetros básicos para el diseño del embarrado de M.T. de la subestación son:

• Configuración	Doble barra
• Tipo, aislamiento	Cobre, SF6
• Estado del neutro	Rígido a tierra
• Tensión de servicio asignada	20 kV
• Tensión asignada más elevada para el material	24 kV
• Nivel de aislamiento	
• Tensión asignada a frecuencia industrial (1 min)	50 kA
• Tensión asignada a impulso tipo rayo (1,2/50 $\mu$ s)	125 kA
• Intensidad máxima en permanencia	2000 A
• Intensidad asignada de corta duración	31.5 kA
• Intensidad dinámica	78.75 kA cresta
• Duración del cortocircuito	1 s

#### 2.4.3.3. TERMINALES DE MEDIA TENSIÓN

Los terminales para la unión de los cables de M.T. con las celdas vienen proporcionados con la misma celda luego su elección ya viene determinada según el tipo de cable, en su construcción.



Figura 36 Terminales celdas de media tensión.

#### 2.4.3.4. BATERÍA DE CONDENSADORES

La compensación de potencia reactiva en MT está directamente relacionada con diferentes aspectos que ayudan a la gestión técnica de redes de transporte y distribución. Básicamente son:

- *Calidad del suministro:* Consiste en el aumento de los niveles de tensión en juegos de barras de estaciones transformadoras y en finales de línea.
- *Optimización del coste de explotación de la instalación:* Es decir, la disminución de la potencia reactiva, y por tanto, la reducción de potencia aparente comporta dos aspectos de fuerte relevancia técnica:
  - Reducción de pérdidas
  - Aumento del rendimiento de transformadores e instalaciones
- *Reducción del coste económico de la energía.*

Para el correcto dimensionado de la potencia de las baterías de condensadores a instalar, se analiza dicha potencia partiendo de la potencia nominal de nuestra subestación, 120 MVA, y el factor de potencia que queremos corregir que en nuestro

caso se pretenderá dimensionar las baterías para un  $\cos\phi = 0.99$ , partiendo de un  $\cos\phi = 0.85$ . Con estos datos la potencia será:

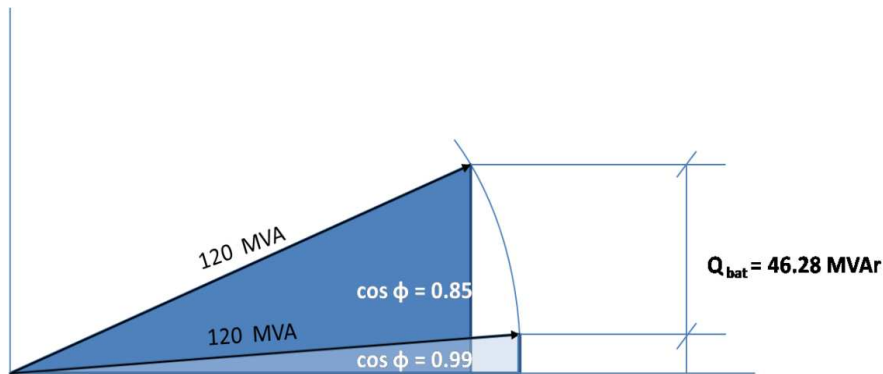


Figura 37 Esquema ilustrativo de potencia reactiva existente y demandada.

Luego la potencia de las baterías ha de ser de 46.28 MVar. Puesto que las baterías irán separadas en dos grupos (uno por cada celda destinada a batería de condensadores), la potencia de cada grupo será de 23.14 MVar.

Contrastando con el fabricante finalmente se instalará por grupo 3 condensadores de 8 MVar que en total suman 24 MVar.

La forma de conexionado de nuestras baterías de condensadores será en doble estrella ya que esta disposición nos permite lograr la potencia deseada partiendo de condensadores estándar. Esta forma de conexionado se muestra en la figura siguiente:

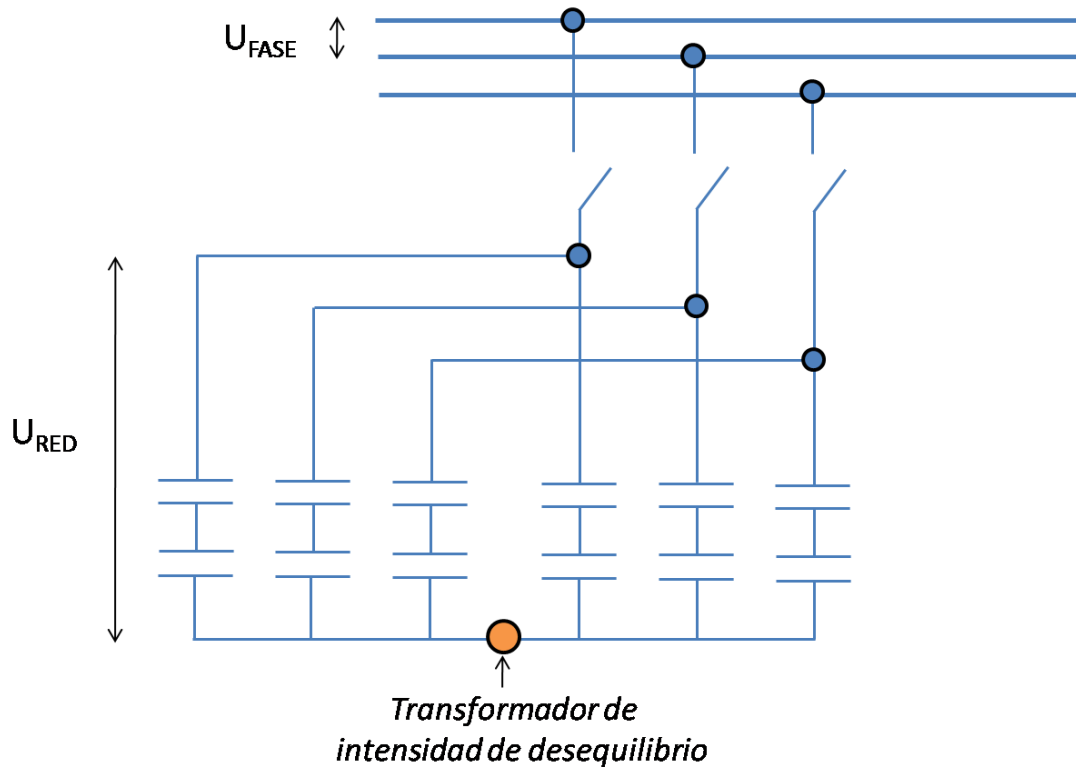


Figura 38 Esquema ilustrativo del conexionado de los condensadores en doble estrella.

Haciendo uso de la forma de conexión anterior y la potencia que se necesitará aportar se instalarán los siguientes equipos:

Tres (6) baterías de condensadores con las siguientes características:

• Marca	CIRCUTOR
• Modelo	CMF24GP
• Configuración	Monofásica en doble estrella
• Instalación	Interior
• Frecuencia	50 Hz
• Tensión nominal	20 kV
• Tensión máxima	24 kV
• Potencia	8 MVar
• Grado de protección	IP 23

Las baterías vienen provistas de una cabina que las alberga con las protecciones pertinentes contra contactos directos e indirectos.



*Figura 39 Armario de conjunto de baterías de condensadores*

#### **2.4.4. TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Los transformadores de potencia constituyen una parte fundamental de la subestación ya que son los encargados de proporcionar la potencia necesaria para el abastecimiento de las cargas que se demanden a un nivel de tensión inferior para un manejo más fácil y seguro.

##### **2.4.4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Se tendrán dos transformadores trifásicos, marca ABB, con arrollamientos sumergidos en aceite mineral, y diseñados para instalaciones de interior.

Los Transformadores tendrán una potencia cada uno de 60 MVA, y los niveles de tensión serán  $220 \pm 9 * 1.5\% / 20 \text{ kV}$ .



El diseño eléctrico de los transformadores se realizará conforme a la norma UNE-EN 60076-3.

Los transformadores cumplirán con las tolerancias indicadas en la norma UNE-EN 60076-1, respecto a los parámetros:

- Pérdidas totales
- Pérdidas parciales
- Relación de transformación
- Impedancia de cortocircuito (entre primario-secundario).
- Corriente de vacío.

Los transformadores serán diseñados ante cortocircuito externo según norma UNE-EN 60076-5, garantizando en cualquier caso, con el diseño planteado, la funcionalidad prevista para el transformador, tanto a efectos dinámicos como térmicos durante los diferentes tipos de cortocircuito y duración prevista y para cada uno de los arrollamientos del transformador.

No se admitirá el empleo de reactancias adicionales internas, con objeto de aumentar la impedancia de cortocircuito entre arrollamientos. Se empleará resina “epoxy” para conseguir un mayor refuerzo mecánico de los arrollamientos.

La refrigeración de los transformadores será forzada mediante unos ventiladores conectados a estos para evitar un sobrecalentamiento y por tanto aumentar su rendimiento.

Para refrigeración ONAF, los ventiladores deberán ir unidos a los radiadores con juntas elásticas de neopreno o silentblock.

El transformador con ventiladores parados deberá admitir en permanencia el 75 % de su potencia asignada.

Se suministrará al menos un (1) ventilador adicional al número necesario, que se considerará como de reserva, si bien estará en funcionamiento a la potencia asignada.

Cada ventilador deberá admitir la posibilidad de ser alimentado individualmente, independientemente de que puedan agruparse entre sí.

Se indican a continuación los condicionantes de diseño, detalles constructivos y accesorios a considerar.

#### 2.4.4.2. DETALLES CONSTRUCTIVOS

##### 2.4.4.2.1. Arrollamientos

Se dispondrá en cada transformador de un arrollamiento primario y un único arrollamiento secundario.

Los arrollamientos deben ser de conductores de cobre electrolítico, exentos de impurezas, aislados con papel, y en cuanto sea posible, sin soldaduras.

Los materiales empleados deben ser insolubles y químicamente inactivos en baño de aceite caliente. No se admitirá el uso de soportes aislantes de madera.

Las bobinas y el núcleo, completamente ensamblados, deberán secarse al vacío e inmediatamente después impregnarse de aceite dieléctrico para asegurar así la eliminación de humedad y aire de los materiales aislantes.

##### 2.4.4.2.2. Bornas

Las bornas serán enchufables. Teniendo en cuenta las intensidades nominales y de cortocircuito previstas, el fabricante confirmará la aptitud térmica y dinámica de los terminales ofertados.

Todos los aisladores pasatapas deben ser estancos a los gases y al aceite.

Las bornas pertenecientes al primario y secundario, tanto para fase como para neutro cuando aplique, deberán ser preferentemente idénticas entre sí respectivamente, independientemente de que en alguna de ellas vaya alojado un transformador de intensidad. Esto facilitará la existencia de una borna única por nivel de tensión como repuesto.

Dos (2) bornas estarán perfectamente protegidas por capuchones aislantes, tipo teflón o similar, que serán suministrados por el fabricante, indicando éste las características físicas y eléctricas de dichos capuchones, que presentarán una tensión máxima de material y nivel de aislamiento idénticos a los empleados en el diseño del arrollamiento terciario. El tipo de unión al terminal será roscada.

Las otras dos (2) bornas se emplearán para cerrar el triángulo mediante pletina adecuada a suministrar por el ofertante, que se conectará equipotencialmente a la tapa del transformador, si bien el diseño permitirá la posibilidad de conexión externa a la red de tierras general de la subestación destino.

El marcado de los bornes y tomas se realizará siguiendo las recomendaciones de la norma UNE 20158.

La tapa del transformador llevará placas de identificación de bornas con la siguiente notación:

- Terminales de primario: 1U, 1V, 1W, 1N.
- Terminales de secundario: 2U, 2V, 2W, 2N.

La ubicación de las bornas será tal que mirando desde el lado A.T., y de izquierda a derecha, se encuentren las bornas identificadas como 1U, 1V y 1W y

mirando desde el lado de baja tensión (M.T.), y de izquierda a derecha, las bornas serán las identificadas como 2W, 2V, 2U.

Para tensión primaria nominal de 220 kV, las bornas serán enchufables, aceite-aceite con salida lateral. El pasatapas aceite-aceite será preferentemente del fabricante MICAFIL, modelo RTKK 245-1050/1000. En cualquier caso, el pasatapas ofertado dispondrá de ensayos de tipo ante sobretensión tipo de maniobra (850 kV).

Para conseguir el tipo de borna enchufable, se dispondrá caja adaptadora de aceite para cada fase, unida a la cuba mediante unión atornillada con tornillo pasante en ambos extremos, y preparada para recibir la botella terminal de cable seco que emerge del suelo, como opción preferente, y por el otro extremo al pasatapas aceite-aceite anterior.

#### **2.4.4.2.3. Cuba**

La cuba del transformador será construida con chapas de acero de bajo porcentaje de carbono, adecuada para soldarse y reforzada con perfiles de acero.

La cuba debe formar un cuerpo único, no subdivisible, al cual se atornillará la tapa. No se admitirá unión soldada o construcción en campana.

Las juntas de las chapas deben ser a prueba de aceite caliente.

En el interior de la caja deben preverse las necesarias guías para mantener el núcleo, con sus arrollamientos, en la justa dirección al ser introducido o extraído.

Entre el núcleo arrollado y el fondo de la caja, debe ajustarse un espacio suficiente para recoger los sedimentos.

Todas las bridas, juntas, argollas de montaje, etc., y otras partes fijadas al tanque deben estar unidas por soldadura.

La tapa de la cuba deberá ir atornillada a la misma como se ha indicado anteriormente, y deberá ser proyectada de manera que se eviten depósitos de agua sobre la superficie externa, y posibilitar que las burbujas de gas y aire se dirijan hacia el relé Buchholz.

En caso de emplearse válvulas de sobrepresión, se garantizará la coordinación de actuación, de acuerdo al tarado de las mismas, tanto a presión como a gradiente de presión, y considerando tanto su número y ubicación. Las válvulas seleccionadas deberán asimismo abrir ante cualquier sobrepresión interna mayor de su presión de tarado causada por perturbaciones internas y volverán a cerrar después de haber actuado. La marca de las válvulas será del fabricante QUALITROL, con cuatro (4) contactos de actuación, para señalización de alarma. Asimismo incorporará un sistema deflector con canalización de aceite hacia el foso del transformador en el caso de actuación de las válvulas de alivio de protección de la cuba.

Adicionalmente a las válvulas de sobrepresión o como sistema base para la protección mecánica, pueden emplearse discos de ruptura para conseguir la selectividad anterior.

Como protección secundaria, no es deseable el uso de relé de presión súbita, salvo que el ofertante justifique la necesidad del mismo.

La cuba vendrá preparada con un mínimo de dos (2) terminales para la puesta a tierra de la cuba, ubicados en dos extremos opuestos de la parte inferior del mismo, y preparados para conductor de cobre de sección de hasta 185 mm<sup>2</sup>. La grapa suministrada permitirá asimismo la conexión de cable de tierra en forma de bucle.

#### **2.4.4.2.4. Depósito de expansión**

El sistema de preservación de aceite ofertado será libre con desecadores, no admitiéndose el uso de membrana elástica o balón de aire.

El depósito irá preferentemente sujeto con ménsulas a la cuba del transformador, sobre tapa, con objeto de minimizar la superficie ocupada en planta. Estará preparado para pleno vacío.

La capacidad del depósito conservador será tal, que el nivel de aceite, en ningún caso, descienda por debajo del nivel de los flotadores del relé Buchholz (diferencia de temperatura a considerarse 120 °C). De la misma forma, permitirá la sobrecarga establecida por la norma UNE 20110 sin derramar aceite a través del conservador.

En caso de emplearse cajas adaptadoras de aceite en 220 kV, el depósito tendrá tres secciones independientes y estancas entre sí, correspondientes a la cuba del transformador, cambiador de tomas en carga y las citadas cajas de aceite. Cada sección tendrá un tapón de llenado, una válvula de vaciado, una válvula de separación de la cuba y el depósito correspondiente, un indicador de nivel magnético con dos contactos de alarma (nivel 1) y dos contactos de alarma (nivel 2), ambos por mínimo nivel de aceite, así como un indicador de nivel óptico.

Para el resto de casos, tendrá dos secciones, una para cuba y otra para el cambiador de tomas en carga, siendo idénticos los requisitos en cuanto a accesorios por sección independiente se refiere.

Cada recinto independiente en el depósito conservador, dispondrá de un desecador de aire con silicagel; uno para el depósito de la cuba, uno para las cajas adaptadoras de aceite, cuando existan, y otro para el depósito del cambiador de tomas. Todos ellos incorporarán mirilla de cristal alargada que permita ver todo su contenido, y

estarán situados a una altitud conveniente sobre el nivel del suelo, con un máximo de 1,5 metros.

#### **2.4.4.2.5. Aceite**

El aceite deberá ser de tipo parafínico o nafténico, a definir en fase de oferta, y cumplir los requisitos impuestos por la norma UNE-EN 60296.

En su composición química no contendrá sustancias inhibidoras, de acuerdo a lo establecido en la norma anterior.

La cantidad de aceite a suministrar contemplará el aceite necesario para el transformador, incluyendo cuba, depósito de expansión, equipo de refrigeración, aisladores pasantes y, donde fuese necesario, más una reserva de aproximadamente un 5 % del volumen neto de aceite.

El aceite será suministrado con el transformador y envasado separadamente en tambores de acero herméticamente cerrados y con precinto de la refinería, dado que el transformador se transportará sin aceite, indicando el ofertante el procedimiento de transporte aplicado.

Se valorará muy positivamente el diseño del transformador compatible con aceites de muy alto punto de combustión, superior a 300 °C, así como el empleo del menor volumen de aceite posible.

Ninguno de los gases, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CO y CO<sub>2</sub>, deberá alcanzar las concentraciones (en p.p.m.) de 250, 150, 150, 250, 150, 1.000 y 10.000 respectivamente; Los valores de incremento mensual de las concentraciones de H<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, no deberán ser superiores al 5%.

Si no se cumplieran estos valores, la garantía se considerará prorrogada hasta determinar las causas que originan el defecto latente y corregirlas, junto con las consecuencias adicionales indicadas en el documento contractual del pedido.

#### **2.4.4.2.6. Válvulas**

El transformador dispondrá de las siguientes válvulas:

Dos (2) válvulas de filtrado en lados opuestos de la cuba y parte superior e inferior. Las válvulas de filtrado deberán garantizar un caudal mínimo de 12.000 l/hora y diámetro nominal DN80.

Dos (2) válvulas para toma de muestras de aceite con conexionado rápido, en altura media e inferior de la cuba. No se admite manguito interno y posicionar ambas válvulas en la parte inferior. Se suministrará conector macho y manguito de 3 metros de longitud.

Una (1) válvula para vaciado total en la parte inferior de la cuba, de diámetro nominal DN80.

Una (1) válvula de conexión a equipo analizador de gases disueltos.

Se empleará una válvula de vaciado rápido de aceite, ubicada en la base del transformador, y accionamiento a distancia, con mecanismo eléctrico y manual. Se indicará el caudal máximo de evacuación de dicha válvula. El tamaño de dicha válvula no debe aumentar significativamente las dimensiones totales del transformador.

La caja adaptadora de aceite en 220 kV dispondrá de las siguientes válvulas:

- Una (1) válvula de llenado
- Una (1) válvula de vaciado



- Una (1) válvula de conexión de depósito conservador
- Una (1) válvula de conexión a equipo analizador de gases disueltos.
- Una (1) válvula de toma de muestras con conexionado rápido.

Las válvulas de aislamiento de cuba y radiadores o cuba y aero-refrigerantes serán independientes y no estarán soldadas ni a la cuba ni a la tubería del refrigerante. Llevarán indicación de abierto o cerrado y para refrigeración ONAF se situará en la propia cuba.

#### **2.4.4.2.7. Protecciones**

Como protecciones del transformador se utilizarán los siguientes:

Un relé Buchholz para cuba, y en caso de emplearse cajas adaptadoras de aceite, otro que recoja el aceite proveniente de las tres bornas, en la tubería común a ellas, unida a las tres tuberías asociadas a cada caja mediante válvula de tres vías o sistema similar. Asimismo, existirá separación de las tuberías de los relés Buchholz hacia el conservador, acometiendo a cada recinto independiente del mismo. En la tubería de conexión debe ser provisto un tramo desmontable para montaje del relé Buchholz. Dicho tramo debe estar provisto de válvulas a uno y otro lado.

El relé Buchholz será preferentemente marca TRAFU UNIÓN o EMB, antisísmico y con un (1) contacto de alarma y dos (2) de disparo. El ofertante indicará la aceleración máxima en las tres direcciones por debajo de la cual se garantiza la operación fiable y segura del relé.

Deberá estar perfectamente nivelado. La tubería de unión dispondrá de una pendiente no menor de 8% para facilitar el flujo de gas hacia el depósito conservador, con los diámetros mínimos de acuerdo a la capacidad del transformador. La tubería partirá del punto más alto donde esté presente aceite. Entre la cuba y el relé Buchholz

se dispondrá de un carrete elástico, justificando asimismo el fabricante su empleo o no en el relé Buchholz asociado a las cajas adaptadoras de aceite.

El transformador llevará toma de muestras de gases y aceite para cada relé Buchholz instalado, a altura de hombre y a través de vaso de cristal. Se instalarán dos válvulas que permitan el aislamiento del vaso de cristal para permitir que éste se pueda retirar fácilmente.

Se suministrará un Termómetro de aceite preferentemente de marca AKM de cuatro juegos de contactos, con funciones de alarma de nivel 1 y nivel 2 por temperatura de aceite y marcha y parada del equipo de refrigeración.

Se suministrará un Relé de imagen térmica preferentemente de marca AKM y un trafo de intensidad tipo Bushing en la fase central del primario y secundario, de cuatro juegos de contactos, con funciones de alarma de nivel 1 y nivel 2 por temperatura de devanado y marcha y parada del equipo de refrigeración.

Como variante, tanto termómetro como relés de imagen térmica dispondrán adicionalmente de salida analógica (0-5 mA) para indicación a distancia.

Se suministrará Resistencia de platino PT-100 para indicación a distancia de la temperatura del aceite del transformador, mediante señal analógica (0-5 mA).

Las sondas de termómetros y relés de imagen térmica irán protegidos de la intemperie con una envolvente de chapa desmontable. Se dejarán una sonda de reserva para termómetro de aceite.

Los relés de imagen térmica y el termómetro se alojarán en un armario galvanizado en caliente y pintado con tapa de cristal y adosado a la cuba.

Este armario llevará termostato y resistencia de caldeo. Dispondrá asimismo de circuito monofásico protegido mediante interruptor magnetotérmico adecuado, contactos de alarma N/C debidamente conectados a bornas, para la alimentación eléctrica del equipo analizador de gases disueltos.

La ubicación será tal que puedan ser observados fácilmente desde el suelo, y que tengan una escala conveniente. Las escalas estarán graduadas en grados centígrados, indicándose la histéresis de apertura y cierre de los contactos auxiliares, mediante placa adecuada, así como con los niveles de alarma (niveles 1 y 2) recomendados por el fabricante, de acuerdo al resultado del ensayo de calentamiento.

#### **2.4.5. CABLES**

Para la elección de los cables a instalar en nuestra subestación será necesario el dimensionamiento de los mismos mediante el cálculo pertinente teniendo en cuenta los factores de corrección correspondientes ya que cada cable estará dispuesto de una manera diferente y en condiciones del terreno diferentes, dependiendo de su ubicación y su funcionalidad.

Los valores de los factores de corrección están establecidos según las tablas de la norma UNE 20435 para aquellos cálculos referidos a los cables de alta tensión. Para los cables de media tensión se han seguido los procedimientos adecuados según lo establecido en el RLAT (“Reglamento de Líneas de Alta Tensión”).

Como método de cálculo se pueden utilizar varias maneras como:

- Intensidad máxima admisible
- Intensidad de cortocircuito máxima admisible
- Caída de tensión

Estas dos últimas se despreciarán ya que las distancias son cortas y por tanto la caída de tensión será despreciable para la elección del cable y que para la intensidad de cortocircuito el fabricante ofrece unas intensidades de cortocircuito muy por encima de las teóricas calculadas, luego tampoco serán decisivas en la elección.

Dichos cálculos se encuentran realizados en el apartado 1.6.6. referente a los cálculos de los cables. A partir de estos, se muestra a continuación las contrastaciones con los fabricantes y por tanto la elección definitiva del tipo de cable con sus características propias. Se diferencia entre cables de alta tensión y media tensión, desglosándose dentro de estos en los distintos tipos de cables que se van a instalar según su funcionalidad dentro de la subestación.

#### 2.4.5.1. CABLES DE ALTA TENSIÓN

##### 2.4.5.1.1. Características generales

Los cables de alta tensión de las líneas estarán soterrados a lo largo de nuestra parcela hasta llegar al sótano de nuestra subestación donde se dispondrán sujetos a la pared mediante unas bridas atornilladas a esta, quedando totalmente fijos. Los cables serán unipolares de sección  $1200 \text{ mm}^2$ , separados por una distancia de 0.25 m (d), enterrados en distintas zanjas (una por línea) de 1.5 m de profundidad (D), hasta la llegada al sótano, dónde se harán las conexiones con las celdas GIS.

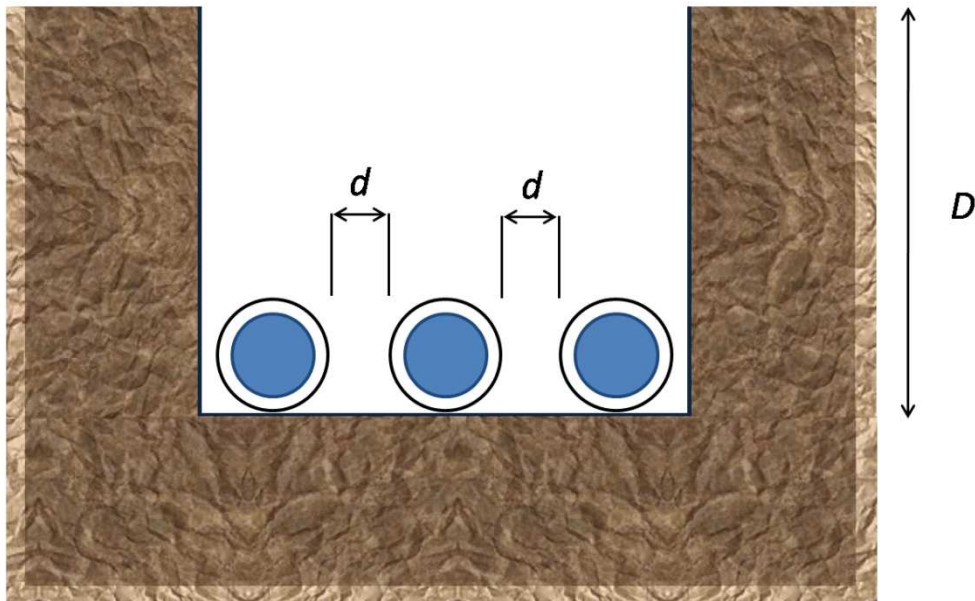


Figura 40 Disposición de cables en zanja.

Los cables de alta tensión correspondientes a los transformadores, irán desde las celdas GIS de alta tensión directamente a las bornas del transformador a través del sótano para evitar perforaciones en las paredes de las habitaciones de los transformadores. Tanto a la llegada y salida de las celdas GIS, como a la llegada de los cables a los transformadores, se instalarán los terminales correspondientes, ya elegidos en el apartado 1.5.2.3.

#### 2.4.5.1.2. Detalles constructivos

Con la intensidad anteriormente calculada, y contrastando dicha intensidad con el fabricante, se escoge finalmente el siguiente cable:

- Marca General cable
- Conductor
  - Cable de línea Aluminio clase 2
  - Cable de transformador Cobre recocido clase2

• Semiconductor interior	Compuesto semiconductor extruido
• Aislante	XLPE
• Semiconductor exterior	Compuesto semiconductor extruido
• Pantalla metálica adherida	Alambres de cobre con cinta
• Cubierta	Polioléfina grafitada
• Sección, mm <sup>2</sup>	
• Cable de línea	1200
• Cable de transformador	500
• Capacitancia, µF/ km	
• Cable de línea	0.19
• Cable de transformador	0.13
• Inductancia, mH/ km	
• Cable de línea	0.380
• Cable de transformador	0.450
• Tensión nominal, Kv	220
• Intensidad nominal, A	
• Cable de línea	rango de 755-820
• Cable de transformador	rango de 555-595
• Intensidad máxima de cortocircuito, kA	
• Cable de línea	113.4
• Cable de transformador	71.5
• Máximo esfuerzo admitido, kN	
• Cable de línea	36
• Cable de transformador	15

La fabricación y ensayos siguen las siguientes normas:

- ✚ Ensayos de no propagación del incendio IEC 60332-1/3, EN 50266.
- ✚ Ensayos de determinación de gases halógenos IEC 60754-1, EN 50267-2-1.
- ✚ Ensayos de determinación del grado de acidez IEC 60754-2, EN 50267-2-2-/3.
- ✚ Ensayos de capacidad de humos IEC 61034, EN 50268.



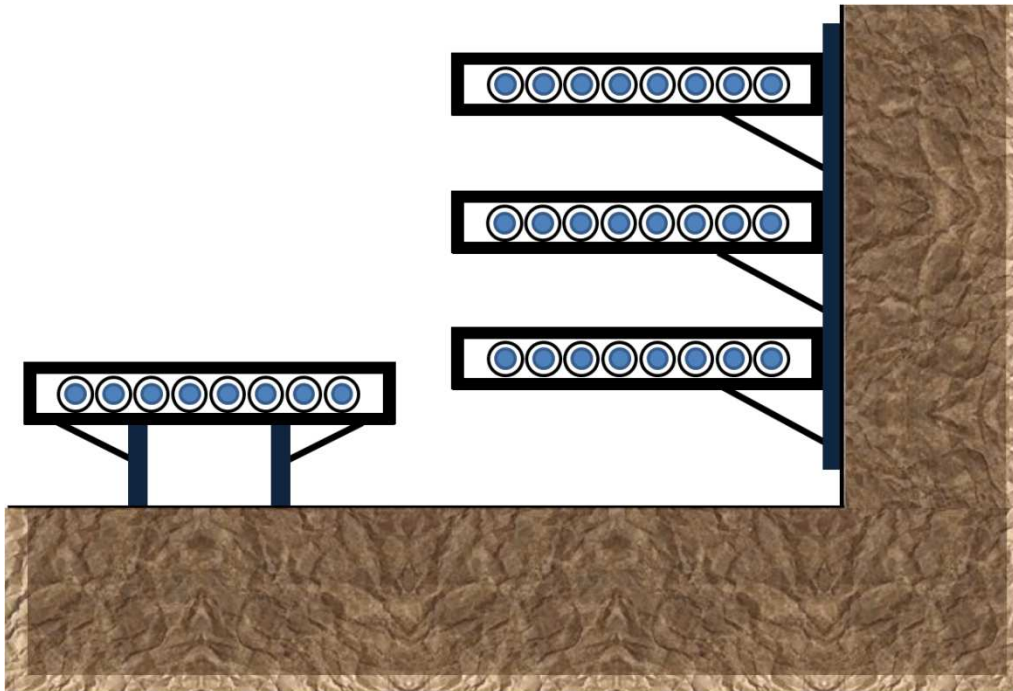
Figura 41 Cable 220 kV.

#### 2.4.5.2. CABLES DE MEDIA TENSIÓN

##### 2.4.5.2.1. Características generales

Los cables de media tensión, estarán dispuestos en el sótano de la subestación cuyo uso exclusivo será para dichos cables junto con las llegadas de los cables de alta tensión.

Estos estarán dispuestos en bandejas sujetas a pared y suelo mediante sujeciones que permitan su manejo y a la vez la estabilidad ante vibraciones durante el servicio en régimen permanente o faltas. Se tendrá en pared un total de tres bandejas con siete conductores por cada una, sin separación entre ellos y en suelo una bandeja con siete conductores sin separación. En el siguiente gráfico se puede apreciar dicha disposición de manera explicativa.



**Figura 42 Disposición de cables en bandejas**

De la misma manera que para los cables de alta tensión, se utilizará el método de cálculo por intensidad máxima admisible rechazando los otros dos por las mismas razones, encontrándose estos en el apartado 1.6.6.

Los valores de corrección estarán establecidos según las tablas del Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

#### **2.4.5.2.2. Detalles constructivos**

Contrastando las intensidades anteriormente calculadas con el fabricante, existe la posibilidad de ajustar las intensidades nominales a las diferentes secciones que ofrece. Sin embargo la intensidad de cortocircuito para las secciones más pequeñas como las de los cables de cogeneración o de transformadores auxiliares no cumple con la intensidad teórica ya calculada de 31.5 kA, luego se escogerán secciones a partir de 185 mm<sup>2</sup>.



Las características de los cables son las siguientes:

• Marca	General cable
• Modelo	DHZ1
• Conductor	
• Cable de línea	Cobre recocido clase2
• Cable de transformador	Cobre recocido clase2
• Cable de servicios auxiliares	Cobre recocido clase2
• Semiconductor interior extruido	Compuesto semiconductor
• Aislante	XLPE
• Semiconductor exterior extruido	Compuesto semiconductor
• Pantalla metálica adherida	Alambres de cobre con cinta
• Cubierta	Polioléfina grafitada
• Sección, mm <sup>2</sup>	
• Cable de línea	185
• Cable de transformador	1000
• Cable de servicios auxiliares	185
• Capacitancia, µF/ km	
• Cable de línea	0.434
• Cable de transformador	1.017
• Cable de servicios auxiliares	0.434
• Inductancia, Ω/ km	
• Cable de línea	0.105
• Cable de transformador	0.082
• Cable de servicios auxiliares	0.105
• Tensión nominal, Kv	20

- Intensidad nominal, A
  - Cable de línea 450
  - Cable de transformador 1500
  - Cable de servicios auxiliares 450
- Intensidad máxima de cortocircuito, kA
  - Cable de línea 37.2
  - Cable de transformador 165
  - Cable de servicios auxiliares 37.2

La fabricación y ensayos siguen las siguientes normas:

- ✚ Ensayos de no propagación del incendio IEC 60502-2, EN 50265-1.
- ✚ Ensayos de determinación de gases halógenos IEC 60754-1, EN 50267-2-1.
- ✚ Ensayos de determinación del grado de acidez IEC 60754-2, EN 50267-2-2-/3.
- ✚ Ensayos de capacidad de humos IEC 61034, EN 50268.



Figura 43 Cable 20 kV

#### 2.4.6. SISTEMAS AUXILIARES

Aparte de otras funciones secundarias, los servicios auxiliares constituyen la fuente de alimentación de los sistemas de mando, control y protecciones de las subestaciones; por ello deben ser diseñados con el objetivo de mantener la propia fiabilidad de los elementos principales de estos sistemas.

El criterio fundamental de diseño del sistema de servicios auxiliares debe ser garantizar los suministros de energía necesarios para la instalación, aun cuando se produzcan fallos en el propio sistema o en las fuentes que lo alimentan ya que se

dispondrá de baterías ajenas (en el caso de los servicios auxiliares de corriente continua) con capacidad de suministro suficiente para las cargas durante un determinado tiempo hasta la recuperación de la normalidad en el sistema.

Para el estudio de los servicios auxiliares contemplaremos los siguientes apartados con las descripciones y características de los equipos que se van a instalar.

La forma en la que se dispondrán dichos equipos (conexionado, cargas que alimentan, etc.), en la subestación está reflejada en los planos de servicios auxiliares adjuntos, en el capítulo 2 referente a planos.

#### 2.4.6.1. SERVICIOS AUXILIARES DE C.A.

Los servicios auxiliares de la Subestación estarán dotados de un sistema de conmutación automática de la alimentación y elementos para su monitorización y vigilancia que contendrá el Cuadro del Automatismo de Alimentación bajo mínima tensión (CAABMT)

Dicho automatismo pretende un suministro continuo de los servicios auxiliares conmutando interruptores, siendo el encargado de arrancar el grupo electrógeno, que alimentará a barras de SS.AA en caso de fallo total de tensión, suponiendo por tanto la alimentación de emergencia.

Para disponer de estos servicios auxiliares de 400/230 V.c.a se ha previsto la instalación de dos transformadores secos encapsulados de servicios auxiliares de 630 kVA cada uno. Estos transformadores se encontrarán instalados en el interior de la sala de MT y se conectarán a sus correspondientes celdas de 20 kV a través de tres cables unipolares de aluminio con aislamiento seco de sección adecuada para soportar corrientes nominales y de cortocircuito. A su vez alimentan en baja tensión al Cuadro General de Servicios Auxiliares de Corriente Alterna (CGSA.CA)

La principal función del CGSA.CA será de alimentación, entre otras, a las siguientes cargas:

- Cargadores de las 2 baterías de corriente continua de 125 Vcc
- Cargadores de las 2 baterías de corriente continua de 48 Vcc
- Iluminación y fuerza
- Ventilación y Aeros
- Reguladores en carga
- Cuadro distribución comunicaciones
- Instalaciones auxiliares de la subestación

Los cables de estos servicios auxiliares de 400/230 V.c.a serán de aislamiento RZ1-K(As) 0,6/1 kV de sección especificada en los susodichos planos. Dichos cables serán unipolares quedando prohibido el uso de mangueras.

Las secciones escogidas cumplen por densidad de corriente y se sobredimensionaron para evitar caídas de tensión mayores que las especificadas. Las secciones serán por tanto meramente informativas y se necesitará de un estudio posterior del trazado de cables y se deberá comprobar que la caída de tensión no sea superior al 5% y que dicho aislamiento soporte la densidad de corriente de cortocircuito durante 1 segundos

La protección de estos transformadores queda garantizada tanto en el lado de alta como el de baja tensión a través de interruptor automático.

#### **2.4.6.1.1. Grupo diesel**

Se instalará un grupo electrógeno con el objeto de funcionar como alimentación de emergencia. Según los planos de servicios auxiliares y maniobrado por CAABMT entrará en barras de 400/230 V.c.a en caso total de fallo de alimentación de los transformadores de SS.AA nunca entrará en paralelo con ningún transformador, sino

que entrará totalmente solo. Por ello el automatismo de CAABMT deberá conmutar correctamente los interruptores automáticos del CGSA.CA.

El grupo diesel se instalará en una habitación para tal fin y dispondrá de combustible diesel para alimentar a los servicios auxiliares durante 12 horas. Dispondrá de los filtros y sistema de ventilación necesarias hacia el exterior. La instalación y descargue del grupo se harán desde el hueco de descarga de celdas GIS de 220 kV.

• Motor	PERKINS
• Modelo motor	1306-E87TA300
• Combustible	Gas-Oil
• Número de cilindros	6
• Disposición	En línea
• Cilindrada	8,7 litros
• Modelo Generador	OLYMPIAN
• Velocidad	1500 rpm
• Frecuencia	50 Hz
• Tensión	400/230 V.c.a
• Velocidad motor	1500 rpm
• Potencia aparente nominal	250 kVA
• Potencia máxima	228,5 kW
• Consumo combustible	
• 100 % carga	52,6 l/h
• 75 % carga	40,4 l/h
• 50 % carga	28,6 l/h
• Peso del grupo con aceite y refrigeración	2132 Kg

#### 2.4.6.1.2. Transformadores de Servicios Auxiliares

Los transformadores de servicios auxiliares estarán conectados a sus respectivas celdas destinadas a servicios auxiliares, en M.T.

Dichos transformadores tendrán como finalidad alimentar los servicios de servicios auxiliares de c.a. para la puesta en marcha de las cargas normales de la subestación.

Se dispondrá de dos transformadores (uno por celda destinada a dichos servicios auxiliares) y tendrán las siguientes características:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| • Tipo                     | Transformador trifásico<br>sumergido en aceite |
| • Potencia nominal         | 630 kVA  |
| • Tensión primaria         | 20 kV  |
| • Tensiones secundarias    | 400 V  |
| • Tensión de cortocircuito | 6%   |
| • Conexión                 | Triángulo / Estrella                           |
| • Grupo de conexión        | Dyn11  |



*Figura 44 Transformador de potencia 630 kV.*

#### 2.4.6.2. SERVICIOS AUXILIARES DE C.C.

Para la tensión de corriente continua se ha proyectado la instalación de dos equipos rectificador-batería de 125 V.c.c, alimentados desde el Cuadro General de Servicios Auxiliares de Corriente Alterna, CGSA.CA.

Además se instalarán dos equipos rectificador-batería de salida 48 V.c.c alimentadas también desde el CGSA.CA

##### 2.4.6.2.1. Baterías de acumuladores

Un acumulador eléctrico también conocido como batería, es un dispositivo que almacena energía en forma química y la devuelve en forma eléctrica. Éstos tienen la característica de poder recargarse de forma que su ciclo es reversible (carga y descarga).

El funcionamiento del acumulador se basa en el proceso reversible de reducción-oxidación (Redox). Durante éste una parte se oxida perdiendo electrones y otra se reduce ganando electrones.

Las baterías elegidas para ambos niveles de tensión: 125 Vcc y 48 Vcc serán de tecnología Níquel-Cadmio.

Están constituidas por placas positivas (cátodo) de hidróxido de níquel y placas negativas (ánodo) de cadmio, empleando como electrolito hidróxido de potásico con densidad entre 1,17 y 1,27.

La reacción química de carga y descarga de estas baterías es:

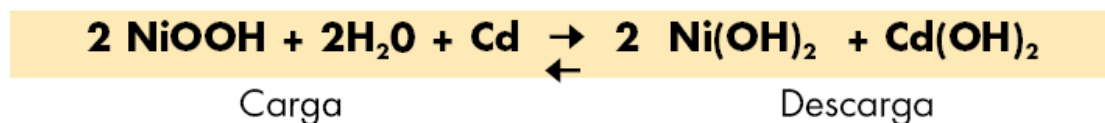


Figura 45 Reacción carga/descarga de los acumuladores de Ni-Cd

Estas baterías requieren menor mantenimiento menor que las de plomo admitiendo descargas más profundas. Por otra parte no se libera hidrógeno durante el proceso de carga, lo que facilita su instalación en el interior de armarios metálicos y no existe necesidad de venteo de los posibles gases de expulsión.

La capacidad de las baterías se mide en Ah, lo que corresponde a la cantidad de energía que puede suministrar bajo condiciones determinadas.

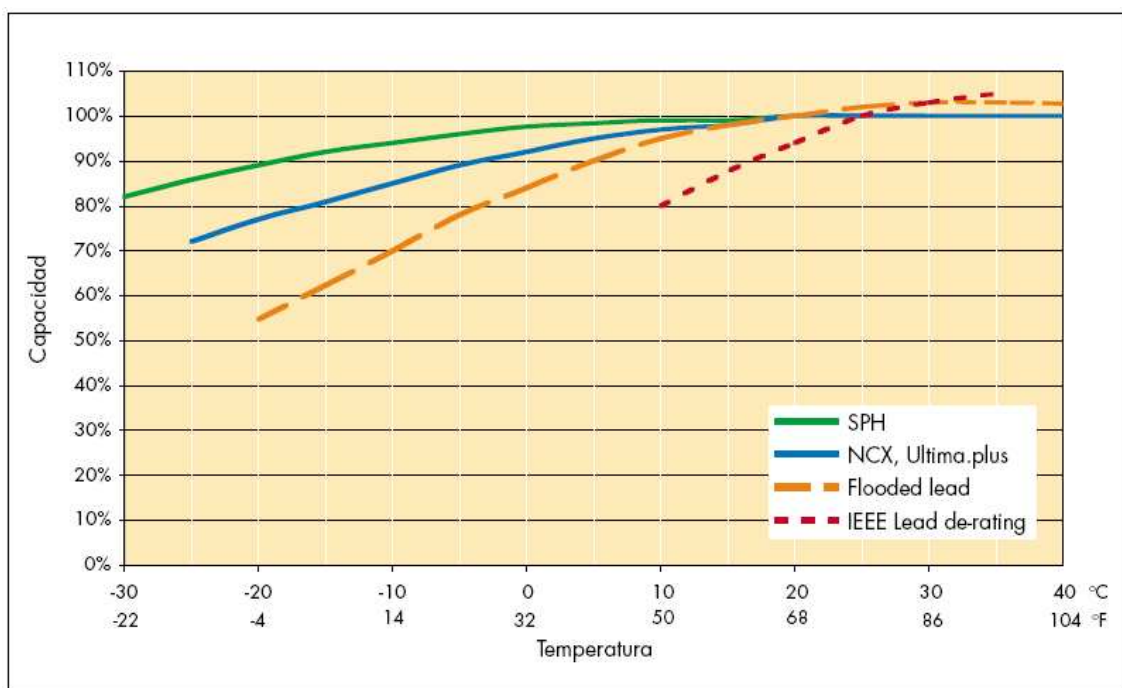


Figura 46 Capacidad de la batería en función de la temperatura

Al reducir la temperatura se reducirá también la capacidad de las baterías. De forma que bajo temperaturas controladas como lo son, los armarios de baterías de una subestación no se tendrán en cuenta el efecto de la capacidad.

Sin embargo, una temperatura elevada reduciría la vida útil de las baterías que ronda los 20 y 30 años.



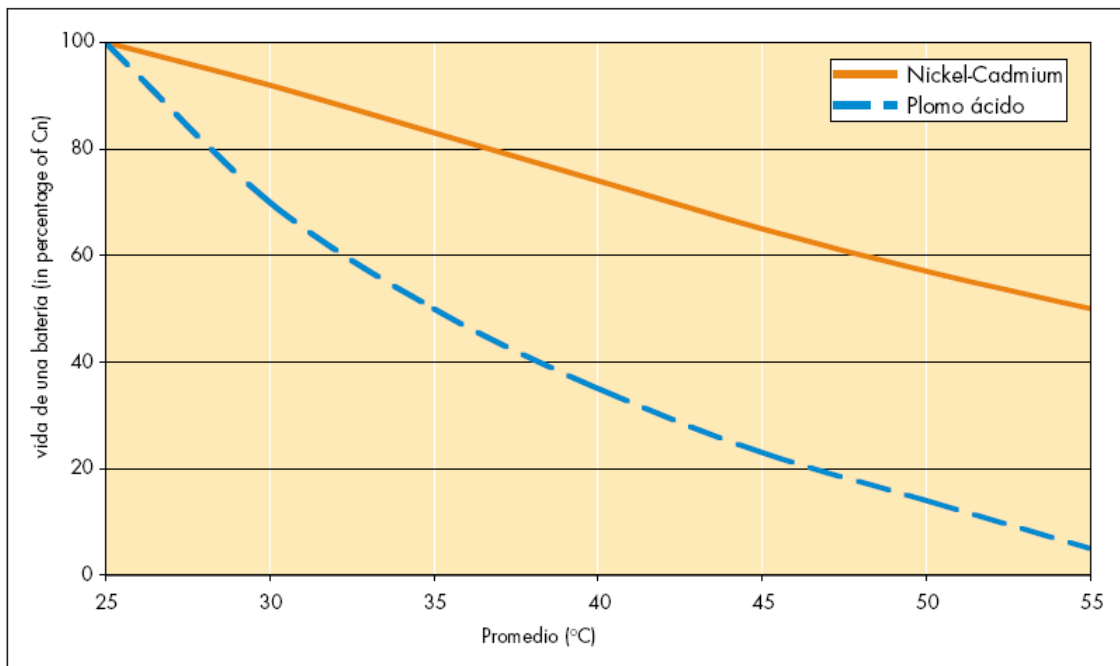


Figura 47 Vida útil de la batería en función de la temperatura media

Efectivamente, la solución de baterías Níquel Cadmio frente a las de plomo ácidas resultan una mayor inversión a largo plazo, pues su vida útil es superior y el mantenimiento menor.

Luego se elegirán unas baterías de níquel-cadmio, con una capacidad de suministro a la hora de 188 Ah para 125 c.c. y 52 Ah para 48 c.c. con un tiempo de descarga de 5 horas.

Por tanto las baterías son las siguientes:

• Marca	NIFE
• Modelo	KPM
• Cantidad	2
• Tensión nominal Vc.c.	125,48
• Tipo	Ni-Cd pocket plate
• Capacidad, Ah	188,52

- Tiempo nominal de descarga, h 5

Los ensayos y la fabricación estarán sujetos a lo establecido en la norma IEC 60623.



*Figura 48 Batería de níquel cadmio.*

#### 2.4.6.2.2. Cargadores

Constituyen fuentes de intensidad de corriente continua, con posibilidad de tensión creciente. La corriente de carga de las baterías se mide en proporción a la intensidad correspondiente a la capacidad normal para descarga, siendo 0,2C la más normal entre los fabricantes de baterías níquel-cadmio. No se deberá superar dichos valores para evitar el deterioro de las placas de la misma forma que valores inferiores conducirían a tiempos de recarga más largos.

La tensión final de carga debe estar de acuerdo al fabricante entre 1,55 y 1,7 V/elemento. Al final del proceso de carga se produce una fuerte gasificación del electrolito con pérdida de agua y elevación de la temperatura, mayor cuando mayor sea la tensión final. Por ello, se debe alcanzar un compromiso entre el grado de recarga y el mantenimiento requerido.

Los cargadores dispondrán de los siguientes regímenes de carga que se podrán seleccionar o bien desde remoto o manual desde el propio bastidor que albergue las baterías:

- *Flotación:* El cargador alimenta al sistema de continua a una tensión ligeramente superior a nominal del sistema, proporcionando a la batería una corriente que compense su auto descarga. Dicha tensión de flotación ronda los 1,4V/elemento en el caso de baterías Ni-Cd, es decir, un 1mA por cada Ah de capacidad nominal de la batería.
- *Carga rápida:* Este régimen de carga tiene por objeto reponer la capacidad cedida al sistema de continua tras una descarga hasta alcanzar una tensión final de 1,45 a 1,5 V/elemento, momento en el cual el cargador conmuta a una carga de flotación.

Cuando alcanza dicha tensión se mantiene constante hasta alcanzar una carga del orden del 80% de la capacidad descargada. A partir de este momento el sistema pasa automáticamente a régimen de flotación.

Este régimen de carga no permite reponer el 100% de la capacidad de la batería, ya que sería necesaria una tensión de carga superior a la máxima admitida por el sistema de continua. En tal caso sería necesario aplicar una carga profunda con los consumos aislados.

- *Carga profunda:* Esta carga se realiza a una tensión de 1,65 a 1,7 V/elemento, por lo que no se puede alimentar al consumo al sobrepasar las tensiones máximas del sistema.

Se debería realizar al menos con una periodicidad anual o semestral, teniendo como objetivo reponer al 100% de la capacidad de la batería y

aumentar su vida útil. La vida útil según fabricantes en buenas condiciones de explotación y carga es de alrededor 20 años.

Por tanto los cargadores son los siguientes:

• Marca	AEG-SAFT
• Modelo	TPR
• Cantidad	2
• Tipo	6 pulsos
• Capacidad, A	50

Los ensayos y la fabricación estarán sujetos a lo establecido en la norma IEC 60146.

#### **2.4.6.2.3. Cuadro general de c.c.**

• Marca	AEG-SAFT
• Modelo	PC
• Cantidad de embarrados	2

#### ***Características de la envolvente:***

• Material	Chapa de acero
• Espesor (mm)	2
• Acabado superficial	Liso
• Dimensiones (l x a x p), mm	645 x 2046 x 745
• Grado de protección	IP 42
• Color de acabado	Beige RAL 1015

Los ensayos y la fabricación estarán sujetos a lo establecido en la norma IEC 60439

#### 2.4.6.8. ALUMBRADO

Los diferentes dispositivos, tanto electrónicos como de aparamenta necesitan una fuente de alimentación para su funcionamiento además de requerir iluminación; por tanto las subestaciones deben estar dotadas de alumbrado para que el personal de operación, mantenimiento y vigilancia puedan desarrollar sus respectivos trabajos. La iluminación tiene como propósitos básicos:

- Seguridad en la operación del equipo
- Tránsito sin peligro
- Inspección del equipo
- Trabajos de mantenimiento



Figura 49 Fluorescentes 5200 lm, 2x28 W

El alumbrado de la subestación será provisto desde los servicios auxiliares de corriente alterna ya que se consideran cargas normales.

En el caso del alumbrado de emergencia, puesto que este será necesario en caso de fallo en el sistema, será alimentado desde los servicios auxiliares de corriente continua de 125 V.



Figura 50 Alumbrado de emergencia 1x8 W

#### 2.4.7. SISTEMAS DE PROTECCIÓN, CONTROL, MEDIDA Y COMUNICACIONES

La subestación tendrá la posibilidad de ser explotarla a distancia, por lo que se le dotará de un sistema de telecontrol, el cual se encargará de recoger las señales, alarmas y medidas de la instalación para su transmisión a los centros remotos de operación.

Desde el sistema de telecontrol se podrán dar órdenes para el cierre y apertura de interruptores y seccionadores con mando eléctrico, así como reposición de protecciones diferenciales, relés de mando, etc.

La información a transmitir será tratada y preparada por el sistema de control integrado y la transmisión se realizará por vía fibra óptica.

Los equipos de comunicaciones a instalar en la subestación se alimentarán desde el cuadro de 48 V c.c. y que se instalará en uno de los armarios de la sala de control del edificio.

La tecnología de telecomunicación será fibra óptica. Los sistemas de telecontrol y telecomunicaciones transmitirán la información de:

- Medidas (I, U, P, Q)
- Facturación (kVARh, kWh)
- Alarmas

- Órdenes: La subestación recibe esta señal desde el exterior
- Señales de estado: indican el estado en el que se encuentran los elementos de la subestación: interruptor abierto o cerrado, estado de los seccionadores, etc.

#### 2.4.7.1. SISTEMA DE PROTECCIÓN

Las protecciones deben proteger coordinadamente cada uno de los elementos y equipos que componen nuestra subestación y por tanto al estar mallada con otras, forma parte del sistema eléctrico por lo que para ello, se debe tener un conocimiento global del funcionamiento del sistema eléctrico y del comportamiento de sus elementos, es decir, se debe saber “ver la red” con el fin de poder diseñar las protecciones combinadas con sistemas de automatización que incidan de forma directa en el funcionamiento dinámico del sistema eléctrico.

Dependiendo de la posición se utilizarán unas protecciones u otras. A continuación se describen las distintas protecciones diferenciándolas para cada posición.

##### 2.4.7.1.1. Posición de línea

**Tabla 1** Protecciones posición de línea (220 kV)

PROTECCIÓN	FUNCIONES DE PROTECCIÓN
PROTECCIÓN PRINCIPAL	- DIFERENCIAL DE LÍNEA (87L) * - DISTANCIA (21) * - SOBREINTENSIDAD DIRECCIONAL DE NEUTRO (67N) - LOCALIZADOR (LOC) - OSCILOGRAFÍA (OSC)
PROTECCIÓN SECUNDARIA	- DISTANCIA (21) - SOBREINTENSIDAD DIRECCIONAL DE NEUTRO (67N) - LOCALIZADOR (LOC) - OSCILOGRAFÍA (OSC)
PROTECCIÓN INTERRUPTOR	- FALLO DE INTERRUPTOR (50S-62) - SINCRONISMO (25/25-AR)

PROTECCIÓN INTERRUPTOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MÍNIMA TENSIÓN (27)</li> <li>- DISCORDANCIA DE POLOS (2)</li> <li>- OSCIOGRAFÍA (OSC)</li> </ul>
------------------------	---

#### 2.4.7.1.2. Posición de acoplamiento (220 kV)

**Tabla 2 Protecciones posición de acoplamiento (220 kV)**

PROTECCIÓN	FUNCIONES DE PROTECCIÓN
PROTECCIÓN PRINCIPAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DISTANCIA (21)</li> <li>- LOCALIZADOR (LOC)</li> <li>- OSCIOGRAFÍA (OSC)</li> </ul>
PROTECCIÓN SECUNDARIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DISTANCIA (21)</li> <li>- LOCALIZADOR (LOC)</li> <li>- OSCIOGRAFÍA (OSC)</li> </ul>
PROTECCIÓN INTERRUPTOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FALLO DE INTERRUPTOR (50S-62)</li> <li>- SINCRONISMO (25/25-AR)</li> <li>- DISCORDANCIA DE POLOS (2)</li> <li>- OSCIOGRAFÍA (OSC)</li> </ul>

#### 2.4.7.1.3. Posición de Transformador (220/20 kV)

**Tabla 3 Protecciones posición de transformador (220/20 kV)**

PROTECCIÓN	FUNCIONES DE PROTECCIÓN
PROTECCIÓN PRINCIPAL (220 kV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR (87T)</li> <li>- SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA DE FASE (50)</li> <li>- SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE FASE (51)</li> <li>- SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE NEUTRO (51N)</li> <li>- OSCIOGRAFÍA (OSC)</li> </ul>
PROTECCIÓN SECUNDARIA (220 kV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR (87T)</li> <li>- SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA DE FASE (50)</li> <li>- SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE FASE (51)</li> <li>- SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE NEUTRO (51N)</li> <li>- OSCIOGRAFÍA (OSC)</li> </ul>
PROTECCIÓN INTERRUPTOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FALLO DE INTERRUPTOR (50S-62)</li> </ul>



PROTECCIÓN INTERRUPTOR (220 kV)	- SINCRONISMO (25/25-AR) - OSCILOGRAFÍA (OSC)
PROTECCIONES PROPIAS DE TRANSFORMADOR (220/20 kV)	- BUCHHOLZ (63B) - BUCHHOLZ JANSEN (63B) - LIBERADOR DE PRESIÓN (63L) - NIVEL MAGNÉTICO TRANSFORMADOR (63NT) - NIVEL MAGNÉTICO REGULADOR (63NR) - TEMPERATURA (26T) - IMAGEN TÉRMICA (49)
PROTECCIONES PROPIAS DE REACTANCIA TRIFÁSICA DE PUESTA A TIERRA (20 kV)	- BUCHHOLZ (63B) - LIBERADOR DE PRESIÓN (63L) - TEMPERATURA (26T)
PROTECCIÓN PRINCIPAL (20 kV)	- SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE FASE (51) - SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE NEUTRO (51N)
PROTECCIÓN INTERRUPTOR (20 kV)	- FALLO DEL INTERRUPTOR (50S-62) - OSCILOGRAFÍA (OSC)
PROTECCIÓN PRINCIPAL REACTANCIA P.A.T (20 kV)	- SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE NEUTRO (51N) - OSCILOGRAFÍA (OSC)

#### 2.4.7.1.4. Posición de línea (20 kV)

**Tabla 4 Posición de línea**

PROTECCIÓN	FUNCIONES DE PROTECCIÓN
PROTECCIÓN DE LÍNEA	- SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA DE FASE (50) - SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE FASE (51) - SOBREINTENSIDAD DIRECCIONAL DE NEUTRO (67N) - REENGANCHADOR (79)

Para la instalación del sistema de protección se dispondrá de los siguientes equipos y protecciones:

- Se suministrarán seis (6) armarios de mando local de forma que se facilite el mantenimiento de los equipos, con grado de protección IP42.  
marca ELECHO, Dimensiones (l x a x p), mm 1200 x 2200 x 800, fabricado y ensayado según normas UNE-EN-60439-1, material chapa de acero de espesor 2 mm con un color de acabado Beige RAL 1015
- Seis (6) osciloperturbógrafos, marca AREVA, uno por cada bastidor de relés, tipo M8712491414X, con capacidad para 8 señales analógicas y 16 señales digitales, basado en la norma IEC 61850.
- Protección de fallo interruptor de AREVA, tipo P143318G3M0300J, que integra, entre otras, las funciones de comprobación de sincronismo, la función de distancia, la función diferencial de línea y transformador, la función de mínima tensión y la función de sobreintensidad direccional, instantáneo y temporizado.
- Protección diferencial de barra de AREVA, tipo P545318C3N0120B.
- Protección de parada o apertura con demora de tiempo de SIEMENS, tipo 7DS5002-5JE52.
- Protección de frecuencia de SIEMENS, tipo 7DS5227-5DE29.
- Equipo de reenganche, monopolar y tripolar, en combinación con ambas protecciones de línea. Marca SIEMENS, modelo 7DS5225-5DE29.
- Equipo de teledisparo según lo normalizado por REE. Marca DIMAT modelo TPU-1/GW-LCD A.
- Conjunto de conexiones de fibra óptica y equipos necesarios para conectar los equipos anteriores con las cajas de empalme de fibra óptica.

Todas las protecciones son de tipo digital y permitirán la prueba completa de todas las funciones aún en servicio normal.

Todas las protecciones permitirán conexión vía bus de comunicaciones, para ajustes y extracción de datos, (registro de incidentes, oscilografía, etc.) dialogando directamente con el sistema de control de la subestación.

Permitirán programación a distancia desde estación de ingeniería situada al nivel de control centralizado.

Las protecciones para las líneas que se indican deberán cumplir con los Criterios Generales de Protección del Sistema Eléctrico Peninsular Español.

Cada una de las cuatro líneas de evacuación citadas deberá estar dotada con un doble sistema de protección con doble sistema de comunicación, para poder garantizar el despeje instantáneo y selectivo de los posibles cortocircuitos, que en ellas se pudieran producir, aún con fallo de un sistema de protección o de un sistema de comunicación.

Para el registro de perturbaciones en la subestación, se suministrarán seis (6) osciloperturbógrafos integrados en los bastidores de relés BR-1, BR-2, BR-3, BR-4, BR-5, BR-6.

Cada bastidor de relé incluirá:

Un (1) osciloperturbógrafo tipo M8712491414X con capacidad para 8 señales analógicas y 16 señales digitales, basado en la Norma IEC 61850.  
Módulo de comunicación.

#### 2.4.7.2. SISTEMA DE CONTROL

Dispondrá un sistema de control completo, programable, redundante. Este sistema se conectará con los armarios de control a nivel local así como con los armarios de protecciones, permitiendo la automatización, supervisión y mando de toda la subestación.

El sistema dispondrá de una vía de comunicación con cada uno de los elementos contendrá las siguientes unidades funcionales:

- Tres (3) armarios de control, marca ELECHO, dimensiones (l x a x p), mm 800 x 2200 x 600, material chapa de acero de espesor 2 mm, color de acabado Beige RAL 1015, fabricado y ensayado según normas UNE-EN-60439-1.
- Unidades de automatización e interfase completas para mando, automatización y supervisión de todos los equipos de 220 kV. Marca AREVA, modelo C264.
- Unidad ídem a la anterior, para mando, automatización y supervisión de los servicios auxiliares de la subestación. Marca AREVA, modelo C264.

Además debe incorporar los servicios necesarios de:

- Contraincendios
- Antiintrusismo
- Alumbrado

Estas unidades de automatización deben disponer de la capacidad de proceso suficiente como para permitir el manejo de todos los equipos necesarios con los siguientes tiempos:

- ✚ Tiempo máximo de refresco de datos en pantalla: 2 msg.
- ✚ Tiempo máximo de cambio de una imagen en pantalla: 500 msg.
- ✚ Tiempo máximo de ejecución de cualquier orden aleatoriamente elegida por el operador: 10 msg
- ✚ Tiempo de resolución del secuenciador de eventos: 1 msg.

Unidades de interfase hombre-máquina para funciones de operación. Marca AREVA, modelo PACIS. Normas de fabricación y ensayo IEC 60253-5.

Unidades CPU y pantallas de plasma, tanto para el control personal de la subestación como para el almacenamiento de datos recogidos en una propia base de datos de la subestación.

#### 2.4.7.3. SISTEMA DE MEDIDA

Es necesaria la medida de intensidades, tensiones y potencias pertinentes en la subestación tanto en barras de alta como de media tensión para poder notar anomalías en los equipos o en el sistema por lo que se dispondrá de un sistema de medida de las siguientes características:

Convertidores de medida, marca AREVA, modelo 14M3-14CD, fabricado y ensayado según norma IEC 60253-5.

Se instalarán sistemas de medida comercial montados en armarios de medida, según el vigente Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica aprobado por Real Decreto 1110/2007 (24 de Agosto).

#### 2.4.7.4. SISTEMA DE COMUNICACIONES

Para la comunicación entre subestaciones se dispondrá de:

Se incluirá un (1) armario con cuatro repartidores ópticos para la interconexión con las subestaciones. Marca AREVA, modelo C264, material chapa de acero de espesor 2 mm, de dimensiones(l x a x p), mm 600 x 2000 x 600, con acabado Beige RAL 1015, fabricado y ensayado según normas UNE –EN 60439-1.

Un (1) armario repartidor óptico REE (patch panel), marca INTEKIA, modelo C264, material chapa de acero de espesor 2 mm, de dimensiones(l x a x p), mm 600 x 2000 x 600, con acabado Beige RAL 1015, fabricado y ensayado según normas UNE –EN 60439-1.

Dichas comunicaciones se realizarán mediante el tendido de fibra óptica ya que permite una mayor transmisión de datos, velocidad en dicha transmisión y fiabilidad.

Para las comunicaciones internas de la propia subestación se dispondrá de una red Ethernet a la que estarán conectados los ordenadores fijos de la subestación y los propios del personal autorizado.

#### **2.4.8. RED DE TIERRAS**

Se dotará a la instalación de una malla de tierra inferior enterrada a 1 metro de profundidad respecto a la superficie, que permita reducir las tensiones de paso y de contacto a valores admisibles por el reglamento, tanto para personas que circulen por el interior como por el exterior de la instalación.

De acuerdo al MIE-RAT en su ITC-13, todos los elementos metálicos no activos de la subestación se conectarán a la malla de tierras inferior. Se conectarán:

- Bastidores
- Envolventes
- Puertas metálicas
- Cerramiento perimetral
- Forjados
- Cimentaciones
- Zapatas de pilares
- Pantallas
- Cubas y bancadas metálicas

Tanto la puesta a tierra de servicio como la tierra de protección compartirán el mismo electrodo de tierra. Se conectarán por tanto a ésta:

- Neutros de los transformadores de potencia
- Neutro de las reactancias trifásicas de puesta a tierra
- Neutros de transformadores de medida
- Pantallas de conductores aislados

- Autoválvulas

#### **2.4.9. VENTILACIÓN**

La ventilación del edificio se realizará a través de tres (3) ventanas tipo UNICITY de Technal de aluminio con perfiles y marco de aluminio de medidas  $2 \times (0.60 \times 1.50)$  m. y  $(0.60 \times 1)$  m. Tendrán un coeficiente térmico de  $K=1.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , fabricadas y ensayadas según normas UNE-EN-ISO.

La ventilación del sótano será a través de tres (3) rejillas tramex, antideslizantes, situadas en el suelo del nivel “0”, por dónde se comunicará el flujo de aire de dicho nivel con la evacuación del calor proveniente del sótano, por lo que se estima suficiente para mantener una temperatura adecuada para el correcto funcionamiento de los equipos y cables situados en el sótano.

## 3. MEMORIA DE CÁLCULO



# Índice Memoria de Cálculo

3. MEMORIA DE CÁLCULO .....	115
3.1 INTENSIDADES NOMINALES .....	115
3.2. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO.....	117
3.2.1. Celdas de alta tensión .....	122
3.2.2. Celdas de media tensión .....	123
3.2.3. Equipos de baja tensión .....	124
3.3. NIVELES DE AISLAMIENTO .....	125
3.3.1. Celdas de alta tensión .....	126
3.3.2. Celdas de media tensión .....	126
3.4. INFORME GEOTÉCNICO .....	128
3.4.1. Introducción .....	128
3.4.2. Objeto del informe geotécnico.....	128
3.4.3. Localización geográfica y datos generales.....	129
3.4.4. Reconocimiento del terreno y trabajos realizados.....	129
3.4.5. Resultados de los ensayos.....	131
3.4.6. Recomendaciones para la construcción del proyecto .....	132
3.5. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS .....	134
3.5.1. Datos de partida .....	135
3.5.2. Tensiones de contacto y paso máximas admisibles .....	137
3.5.3. Dimensionamiento de la red de puesta a tierra.....	139
3.5.4. Comprobación.....	140
3.6. CABLES .....	141
3.6.1. Cables de alta tensión .....	141
3.6.2. Cables de media tensión .....	143

### 3. MEMORIA DE CÁLCULO

Tanto como para las celdas de A.T. y M.T. , como las protecciones de la subestación o la red de puesta a tierras es necesario realizar cálculos previos para su correcto dimensionamiento. Dichos cálculos son los siguientes.

#### 3.1 INTENSIDADES NOMINALES

La subestación consta de cuatro líneas con un nivel de tensión de 220 kV y dos transformadores de regulación en carga de 60 MVA cada uno con relación de transformación de  $220 \pm 9 * 1.5\% / 20$  kV.

La capacidad de transporte de las líneas de 220 kV para nuestros cálculos es:

$$S_n = 380 \text{ MVA}$$

Con dicha potencia y teniendo en cuenta que el nivel de tensión es 220 kV el cálculo de intensidad nominal es:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{380 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 220 \text{ kV}} = 997.24 \text{ A}$$

Con este valor dimensionamos nuestras celdas de línea y de los transformadores de alta tensión, eligiendo un valor de 1250 A, que es el normalizado por nuestro fabricante.

Consideraremos el caso más desfavorable en el que, al estar nuestra subestación mallada, dos líneas aportarán intensidad en barras y por las dos restantes se evacuará dicha intensidad luego en barras tendremos la precaución de considerar una intensidad de:

$$I_n = 997.24 \text{ A} * 2 = 1994.48 \text{ A}$$

Finalmente, para tener un valor de intensidad estandarizado tomaremos del mismo el siguiente valor:

$$I_n = 2000 \text{ A}$$

Esta intensidad nominal será para la celda de acoplamiento ya que es la única que debe soportar en régimen permanente dicha intensidad.

En el lado de alta del transformador, teniendo en cuenta el nivel de tensión y la potencia del transformador, la intensidad resultante es:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 220 \text{ kV}} = 157.46 \text{ A}$$

La capacidad de las líneas del lado de M.T. la dimensionamos con una potencia de:

$$S_n = 7 \text{ MVA}$$

Con dicha potencia y teniendo en cuenta que el nivel de tensión es 20 kV la intensidad nominal es:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{7 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 20 \text{ kV}} = 202.07 \text{ A}$$

Estos valores representan la capacidad de las líneas que vendrá limitada por los conductores elegidos. Los valores tienen que ajustarse a los que los fabricantes ofrecen que en nuestro caso el valor inmediato superior es 630 A, luego las celdas de línea tendrán dicha intensidad como nominal.

Para justificar la intensidad nominal de las celdas de servicios auxiliares se hace el siguiente cálculo:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{630 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 20 \text{ kV}} = 18.186 \text{ A}$$

Por la misma razón de antes, el valor inmediato superior es 630 A, luego las celdas de servicios auxiliares tendrán dicha intensidad nominal.

Para justificar la intensidad nominal de las celdas de llegada de los transformadores principales, y por tanto en barras de media tensión, utilizamos la intensidad aguas abajo del transformador principal, siendo la siguiente:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{60 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 20 \text{ kV}} = 1732.05 \text{ A}$$

La intensidad nominal de dichas celdas será 2000 A ya que es el valor normalizado de nuestro fabricante que más se ajusta a nuestros valores.

Las celdas de acoplamiento tanto longitudinal como transversal deben tener también un valor de 2000 A ya que deben soportar en régimen permanente la intensidad de las barras.

### 3.2. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

Analizaremos los casos más desfavorables que se nos pueden presentar en la subestación ante una falta. Dichos casos son las posibles faltas que se nos presenten tanto en barras de alta tensión como de media tensión y en el lado de baja de los transformadores auxiliares para proteger a los mismos.

Un esquema de nuestra subestación podría ser el siguiente. Lo llamado como sistema en el esquema, contiene la aportación de las cuatro subestaciones portadoras de cortocircuito a nuestras barras de alta tensión.

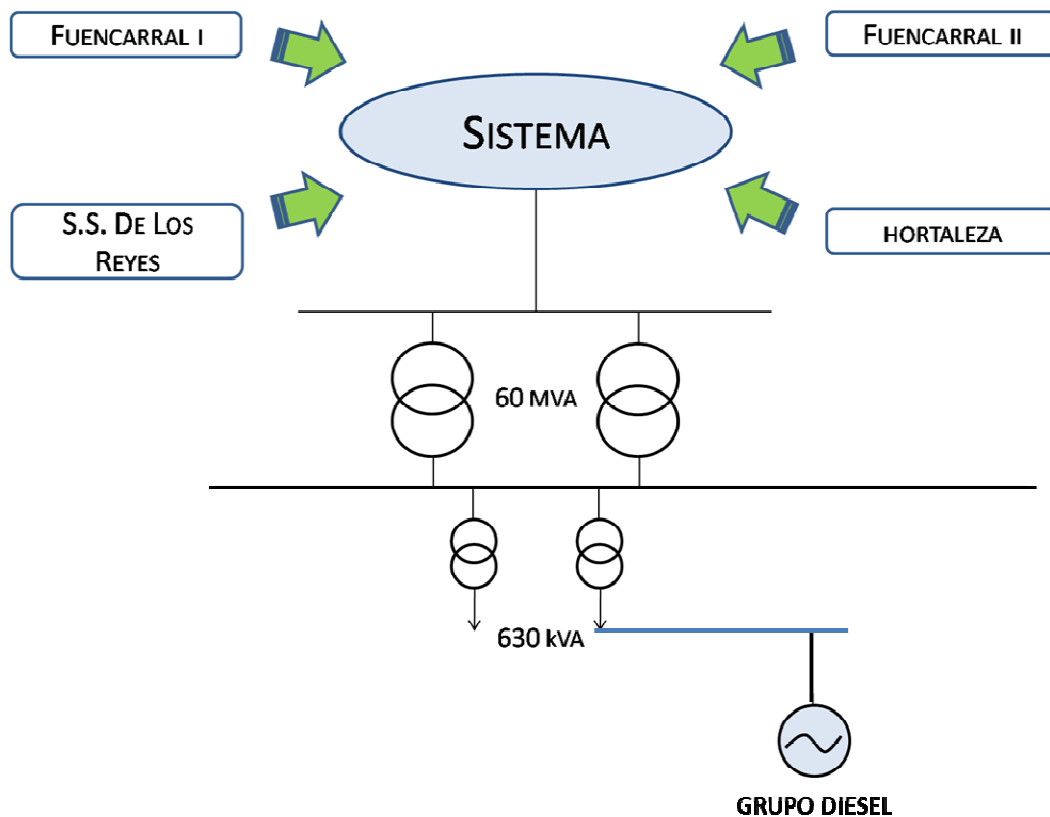


Figura 51 Esquema ilustrativo de la subestaciones con las interconexiones aportadoras de cortocircuito.

Para el cálculo es necesario el conocimiento de la potencia de cortocircuito que aportan las líneas de 220 kV en un determinado momento a nuestra subestación, en nuestro caso es:

$$S_{cc} = 12640 \text{ MVA}$$

Por posibles ampliaciones de la red mallada a la que estamos conectados, existe la posibilidad de que en un futuro halla una aportación de cortocircuito más elevada por lo que aumentaremos la potencia en un 20% para tener un margen que nos permita

mantener nuestros equipos durante más años ante dichas ampliaciones. Luego nuestra potencia de cortocircuito será:

$$S_{cc} = 15800 \text{ MVA}$$

La intensidad de cortocircuito con dicha potencia aportada es:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{15800 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 220 \text{ kV}} = 41.46 \text{ kA}$$

Para el cálculo de las faltas realizaremos un esquema equivalente a través de reactancias en valores unitarios.

Tomaremos por base la potencia del transformador como base común para realizar los cálculos de las reactancias de cortocircuito e impedancias equivalentes, luego:

$$S_b = 60 \text{ MVA}$$

Por tanto, las líneas presentan una impedancia equivalente en el sistema de:

$$s_{cc} = \frac{S_{cc}}{S_b} = \frac{15800 \text{ MVA}}{60 \text{ MVA}} = 263.33 \text{ pu}$$

$$z_{cc} = \frac{u_b^2}{s_{cc}} = \frac{1^2 \text{ pu}}{263.33 \text{ pu}} = j0.003797 \text{ pu}$$

De los transformadores sabemos que cada uno de ellos tiene una tensión de cortocircuito del 12.5%, y puesto que hemos elegido como potencia base la perteneciente al transformador la reactancia coincide con dicho valor en unitarias, luego:

$$z_{cc} = j0.125 \text{ pu}$$

Como analizaremos también el caso de una falta en el lado de baja de los transformadores auxiliares necesitamos saber la reactancia que presentan en la base que se ha elegido, siendo del 6% en la base de su propia potencia de 630 kVA:

$$z_{cc} = u_{cc} * \frac{S_b}{S_n} = 0.06 * \frac{60 \text{ MVA}}{630 \text{ kVA}} = j5.7143 \text{ pu}$$

A continuación se muestra un esquema ilustrativo con las reactancias de los elementos del sistema, necesarios para la realización de los cálculos de cortocircuito.

Dichas reactancias representan, empezando por arriba, a las líneas conectadas a las barras de alta tensión, los transformadores de potencia conectados a las barras de alta y media tensión y abajo están las reactancias de los transformadores auxiliares.

**ESQUEMA**

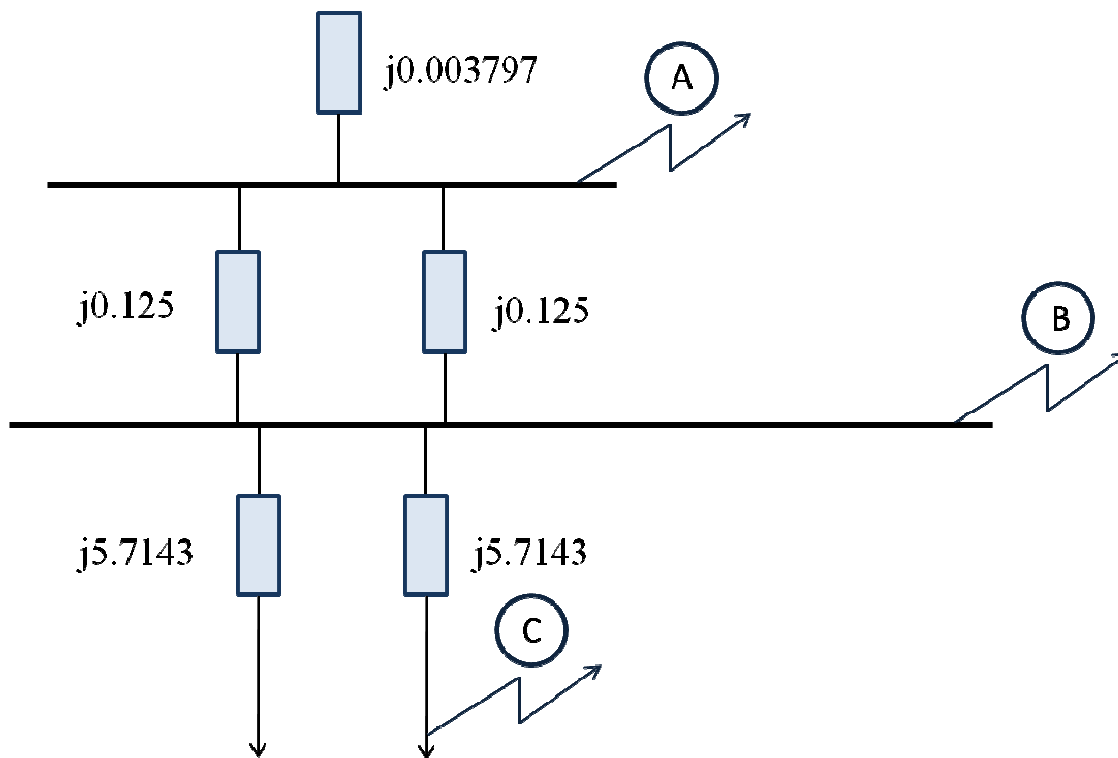


Figura 52 Esquema ilustrativo de las impedancias necesarias para el cálculo.



### 3.2.1. CELDAS DE ALTA TENSIÓN

#### ANÁLISIS FALTA “A”

Haremos uso del esquema equivalente anterior y sus valores reflejados, y través de simplificaciones del mismo analizaremos la corriente de cortocircuito a la que estarían sometidos nuestros equipos ante una falta en las barras de alta tensión.

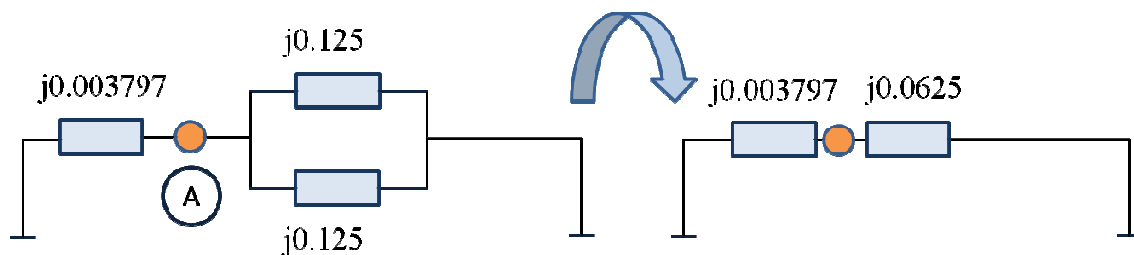


Figura 53 Esquema de impedancias ante falta en barras de alta tensión.

$$z_2 = j0.0625 \text{ pu}$$

$$\frac{1}{z_{eq}} = \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} = \frac{1}{j0.003797} + \frac{1}{j0.0625} = j279.365 \text{ pu}$$

$$z_{eq} = j0.0035795 \text{ pu} \sim z_{cc}$$

$$S_{cc} = \frac{S_b}{z_{cc}} = \frac{60 \text{ MVA}}{j0.0035795 \text{ pu}} = 16761.948 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{16761.948 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 220 \text{ kV}} = 43.988 \text{ kA}$$

La intensidad de cortocircuito de las celdas de alta tensión, de acuerdo con los valores estandarizados de nuestro fabricante será de:

$$I_{cc} = 50 \text{ kA}$$

### 3.2.2. CELDAS DE MEDIA TENSIÓN

#### ANÁLISIS FALTA “B”

Ante una falta en las barras de media tensión la intensidad de cortocircuito resultante será la calculada a continuación.

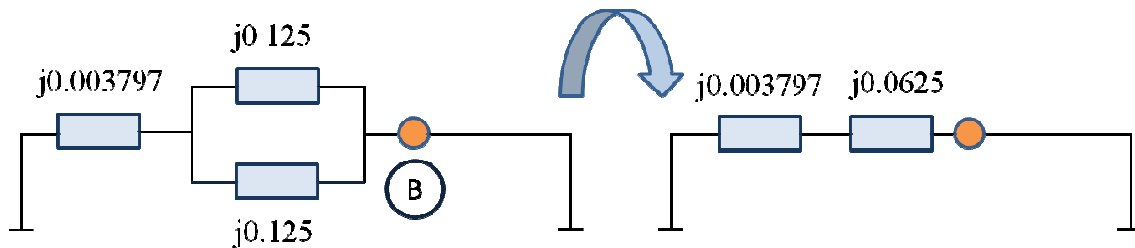


Figura 54 Esquema de impedancias ante falta en barras de media tensión.

$$z_1 = j0.003797 + j0.0625 = j0.066297 \text{ pu}$$

$$\frac{1}{z_{eq}} = \frac{1}{z_1} = \frac{1}{j0.066297} = j15.0836 \text{ pu}$$

$$z_{eq} = j0.066297 \text{ pu} \sim z_{cc}$$

$$S_{cc} = \frac{S_b}{z_{cc}} = \frac{60 \text{ MVA}}{j0.066297 \text{ pu}} = 905.018 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{905.018 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 20 \text{ kV}} = 26.125 \text{ kA}$$

La intensidad de cortocircuito de las celdas de media tensión, de acuerdo con los valores estandarizados de nuestro fabricante será de:

$$I_{cc} = 31.5 \text{ kA}$$

### 3.2.3. EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN

#### ANÁLISIS FALTA “C”

Ante una falta en el lado de baja tensión, en el lado de baja de los transformadores auxiliares, la intensidad de cortocircuito resultante será la calculada a continuación

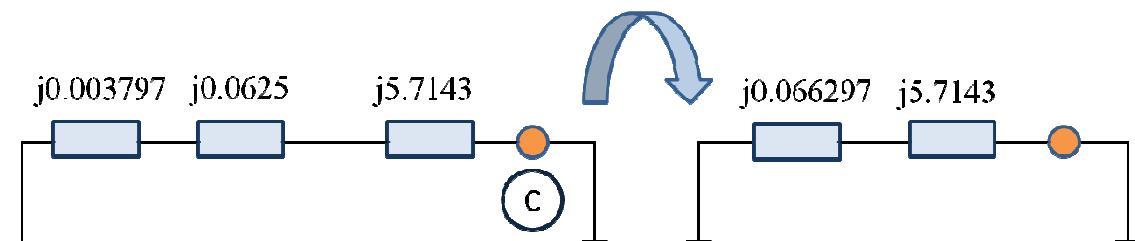


Figura 55 Esquema de impedancias ante falta en baja tensión.

$$z_1 = j0.003797 + j0.0625 = j0.066297 \text{ pu}$$

$$\frac{1}{z_{eq}'} = \frac{1}{z_1} = \frac{1}{j0.066297} = j15.0836 \text{ pu}$$

$$z_{eq}' = j0.066297 \text{ pu}$$

$$z_{eq} = z_{eq}' + z_3 = j0.066297 + j5.7143 = j5.7806 \text{ pu}$$

$$z_{eq} = j5.7806 \text{ pu} \approx z_{cc}$$

$$S_{cc} = \frac{S_b}{z_{cc}} = \frac{60 \text{ MVA}}{j5.7806 \text{ pu}} = 10.3795 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{10.3795 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} = 14.981 \text{ kA}$$

Para los equipos de baja tensión habrá que tener en cuenta que la intensidad de cortocircuito a soportar por nuestros elementos debe ser la inmediata superior a:

$$I_{cc} = 14.981 \text{ kA}$$

### 3.3. NIVELES DE AISLAMIENTO

El aislamiento de los equipos que se empleen en las instalaciones de A.T. a las que se hace referencia en el RCE ITC-12, deberán adaptarse a los valores normalizados indicados en la norma UNE 21 062, salvo en casos especiales debidamente justificados por el proyectista de la instalación. Los valores normalizados de los niveles de aislamiento nominales de los aparatos de A.T., definidos por las tensiones soportadas nominales para distintos tipos de solicitaciones dieléctricas, se muestran en las Tablas 1, 2 y 3 reunidos en tres grupos según los valores de la tensión más elevada para el material.

- ✚ Grupo A: Tensión mayor de 1 kV y menor de 52 kV.
- ✚ Grupo B: Tensión igual o mayor de 52 kV y menor de 300 kV.
- ✚ Grupo C: Tensión igual o mayor de 300 kV.

### 3.3.1. CELDAS DE ALTA Tensión

Según esta instrucción, el nivel de aislamiento de esta subestación pertenece al Grupo B, con tensión igual o mayor de 52 kV y menor de 300 kV, ya que tiene 220 kV de tensión nominal. En esta gama de tensiones la elección del nivel de aislamiento debe hacerse principalmente en función de las sobretensiones de onda de rayo y de corta duración a frecuencia industrial que puedan soportar.

A continuación se muestran las tablas pertenecientes al MIE-RAT 13, donde se establecen dichos valores con los que se van a cumplir en los niveles de aislamientos de los equipos de la subestación.

*Tabla 5 Niveles de aislamiento para equipos de alta tensión hasta 300 kV*

<i>Tensión más elevada para el material (Um)</i>	<i>Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo</i>	<i>Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial</i>
<i>kV eficaces</i>	<i>kV cresta</i>	<i>kV eficaces</i>
245	650	275
	750	325
	850	360
	950	395
	<b><u>1050</u></b>	<b><u>460</u></b>

### 3.3.2. CELDAS DE MEDIA Tensión

Según esta instrucción, el nivel de aislamiento de esta subestación pertenece al Grupo A, con tensión igual o mayor de 1 kV y menor de 52 kV, ya que tiene 20 kV de

tensión nominal. En esta gama de tensiones la elección del nivel de aislamiento debe hacerse principalmente en función de las sobretensiones de onda de rayo y de corta duración a frecuencia industrial que puedan soportar.

*Tabla 6 Niveles de aislamiento para equipos de media tensión hasta 52 kV*

<i>Tensión más elevada para el material (<math>U_m</math>)</i>	<i>Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo</i>	<i>Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial</i>
<i>kV eficaces</i>	<i>kV cresta</i>	<i>kV eficaces</i>
24 ————— 95 <u>125</u>		<u>50</u>

## 3.4. INFORME GEOTÉCNICO

### 3.4.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente estudio nos será imprescindible a la hora del dimensionamiento de nuestra red de puesta a tierra ya que los niveles de tensión a considerar como admisibles dependen de las características del suelo dónde se va a colocar. Otro aspecto útil de este informe será la consciencia del suelo sobre el que se va a cimentar nuestra subestación, por tanto dependiendo del tipo de suelo se tomarán unas medidas u otras.

Los trabajos de campo y los resultados de los ensayos realizados sobre muestras y testigos obtenidos en los mismos han permitido obtener una información precisa sobre la conformación y caracterización geotécnica del subsuelo en los puntos prospectados, que a continuación exponemos, junto con la descripción de los mismos y otros datos de interés para la obra.

### 3.4.2. OBJETO DEL INFORME GEOTÉCNICO

El estudio pretende identificar y localizar espacialmente los diferentes niveles que conforman el subsuelo de la zona de estudio, interpretar como quedan interrelacionados entre sí y verificar posibles causas que puedan suponer motivo de inestabilidad para la construcción que se proyecta, siempre bajo la perspectiva de la mecánica de suelos.

De igual forma, se determinarán los parámetros y características geotécnicas que permiten analizar la interacción entre suelo y estructura de cimentación para poder someter a examen el presumible comportamiento de los diferentes modelos de cimentación que se consideren aptos para la estructura prevista.

### 3.4.3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DATOS GENERALES

La localización del presente proyecto se encuentra en la Comunidad de Madrid, concretamente en la zona destinada a la construcción de las cuatro torres con fines de uso empresarial, junto al Paseo de la Castellana.

### 3.4.4. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO Y TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos de campo realizados para la caracterización geotécnica que se han realizado se han basado en:

- Reconocimiento del terreno.
- Tres ensayos de resistencia mediante Penetrómetro Dinámico, realizados de forma continua hasta la obtención del rechazo, con diferentes golpes y extracciones. El penetrómetro utilizado reúne todas las exigencias de homologación según la norma UNE 103801.
- Toma de muestras “in situ” tanto en la superficie como en las profundidades exigidas para su análisis.

Con las muestras de los testigos recuperados en los sondeos se han efectuado los siguientes ensayos de laboratorio:

- 6 Análisis granulométricos por tamizado (UNE 103 101:95)
- 6 Determinaciones de los límites de Atterberg (UNE 103 103:94 y 103 104:93)
- Determinaciones de la densidad aparente (UNE 103 301:94)
- 9 Determinaciones de la humedad natural (UNE 103 300:93)
- 1 Presión de hinchamiento (UNE 103 602:96)

Las muestras ensayadas, los ensayos realizados y los resultados obtenidos se resumen en la tabla siguiente:



*Tabla 7 Resultados de los ensayos geotécnicos realizados*

Sondeo	Profundidad (m)	W (%)	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Límites de Atterberg		Pasa 0,08 UNE (%)	P.H. (KPa)	SO <sub>4</sub> (mg/Kg)
				L.L.	I.P.			
S-1	1.00-1.60	-	-	-	-	-	5.0	-
	1.60-2.10	-	-	72.8	23.1	40.8	-	601
	3.00-3.60	45.44	1.12	-	-	-	-	-
	5.00-5.45	14.33	-	-	-	-	-	-
	5.80-6.55	-	-	60.0	35.2	68.2	-	-
	6.55-7.00	13.09	-	-	-	-	-	-
S-2	1.30-2.00	-	-	74.1	25.0	32.5	-	376
	2.00-2.60	26.1	1.47	-	-	-	-	-
	4.00-4.45	17.09	-	-	-	-	-	-
	4.45-5.20	-	-	56.2	32.1	50.0	-	-
S-3	0.80-1.00	-	-	65.3	22.4	50.1	-	238
	1.00-1.60	55.27	1.00	-	-	-	-	-
	3.00-3.45	12.81	-	-	-	-	-	-
	3.45-4.00	-	-	52.7	28.8	51.6	-	219
	5.00-5.45	18.93	-	-	-	-	-	-
	6.55-7.00	17.58	-	-	-	-	-	-

### 3.4.5. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS


Considerando las características geológicas de la zona y el análisis de los testigos y muestras obtenidas en los sondeos, se han establecido tres (3) niveles de naturaleza y características geotécnicas diferentes que se describen posteriormente. Como esquema de los niveles se muestra la siguiente tabla:

*Tabla 8 Niveles del terreno según su composición y profundidad.*

<i>Niveles</i>	<i>Terreno</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Espesor (m)</i>
<i>Nivel 0</i>	Terreno vegetal	0.00-1.00	1.00
<i>Nivel I</i>	Arenas limosas con grava fina e intercalaciones limosas	1.00-3.50	2.50
<i>Nivel II</i>	Arcillas y limos, con nódulos y grava fina	3.50-7	3.50

 **Nivel 0:** Terreno vegetal. Color marrón oscuro.

En la parte más superficial del terreno se ha localizado un nivel de terreno vegetal, constituido por arcillas arenosas con grava y restos de raíces. Presenta un espesor aproximado entre 0.00-1.00 metro en las prospecciones efectuadas, aunque no se descartan espesores algo mayores. Este nivel no es apto para soportar una cimentación superficial debido a su heterogeneidad y baja calidad geotécnica. Debe, por lo tanto, eliminarse o ser atravesado.

 **Nivel I:** Arenas limosas con grava fina e intercalaciones limosas. Color marrón anaranjado.

Este nivel se extiende con continuidad lateral por debajo del Nivel 0, presentando un espesor aproximado de 2.50 metros y está constituido por un conjunto

de materiales detríticos compuestos por arenas limosas de color marrón anaranjado, con grava fina de naturaleza silíceo y volcánica e intercalaciones limosas. Granulométricamente se clasifica como “arenas limosas” y “limos inorgánicos de alta plasticidad”. Esta clasificación permite adjudicar a este tipo de terreno una resistividad de  $38 \Omega\cdot m$ .

✚ **Nivel II:** *Arcillas y limos, con nódulos y grava fina. Color marrón.*

Este nivel se extiende con continuidad lateral por debajo del Nivel I, presentando un espesor aproximado de 3.5 metros y está constituido por un conjunto de materiales detríticos compuestos por arcillas y limos de color marrón, con nódulos y alguna grava fina. En el sondeo S-2 puede observarse un incipiente encostramiento de estos materiales. Este nivel se extiende hasta el final de los sondeos presentando unos materiales clasificados con una resistividad del terreno de  $30 \Omega\cdot m$ .

Durante la realización de los sondeos rotativos no fue detectado el nivel freático. En la zona se encuentra a una profundidad suficiente como para asegurar la ausencia de problemas con el agua como causa a la hora de acometer las excavaciones necesarias para construir la planta baja.

#### **3.4.6. RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO**

✚ **Plano de apoyo:** Según la información facilitada, se llevará a cabo la construcción de una subestación, que estará constituido por planta baja y sótano de pequeña altura. De esta forma, serán los materiales definidos como nivel I los que servirán como plano de apoyo a las cimentaciones. Estos materiales presentan una alta plasticidad y humedad, y como se explica en el apartado, son susceptibles de desarrollar cambios de volumen de consideración (tanto hinchamientos como retracciones).

✚ *Modelo de cimentación:* Considerando las características de los materiales que constituyen el plano de apoyo y la entidad de la edificación, entendemos adecuado un modelo de cimentación mediante losa de hormigón armado apoyada sobre un suelo mejorado.

El empotramiento resulta muy importante, ya que se estima necesario que la cimentación se aleje de la zona donde los cambios de humedad por cuestiones naturales sea importante (en torno a los 7 metros). Se ha desestimado la opción de llevar a cabo una cimentación superficial mediante zapatas cuadradas o corridas, debido al hecho de que los materiales del nivel I presentan una estructura granular muy abierta que implica la posibilidad de que se desarrollen deformaciones importantes cuando se les somete a alguna carga y a las características expansivas de los suelos. Una alternativa podría ser la realización de pozos de cimentación de unos 3.00 metros de profundidad sobre los que queden apoyados las zapatas.

### 3.5. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS

La malla de tierra tiene como función principal drenar la corriente de descarga o de falta a tierra y garantizar una distribución uniforme de potencial en el área protegida, reduciendo los voltajes de contacto a valores seguros, en el caso de una falta a tierra, sólo un porcentaje de la corriente se drena por la malla, pues una parte se distribuye por los sistemas de puesta a tierra de las líneas de transmisión y distribución (que están interconectadas con la malla de la subestación).

El uso de la malla de puesta a tierra tiene dos objetivos proveer un medio para disipar las corrientes hacia tierra, sin exceder los límites de operación de los equipos y garantizar que una persona que se encuentre en la cercanía o en contacto con un equipo puesto a tierra no sufra un golpe eléctrico. Los requisitos que debe cumplir una malla de puesta a tierra son los siguientes:

De acuerdo al MIE-RAT en su ITC-13, todos los elementos metálicos no activos de la subestación se conectarán a la malla de tierras inferior. Se conectarán:

- Bastidores
- Envolventes
- Puertas metálicas
- Cerramiento perimetral
- Forjados
- Cimentaciones
- Zapatas de pilares
- Pantallas
- Cubas y bancadas metálicas

Tanto la puesta a tierra de servicio como la tierra de protección compartirán el mismo electrodo de tierra. Se conectarán por tanto a ésta:

- Neutros de los transformadores de potencia
- Neutro de las reactancias trifásicas de puesta a tierra
- Neutros de transformadores de medida
- Pantallas de conductores aislados
- Autoválvulas

Debe tener una resistencia tal, que el sistema se considere sólidamente puesto a tierra.

La variación de la resistencia, debido a cambios ambientales, debe ser despreciable de manera que la corriente de falta a tierra, en cualquier momento, sea capaz de producir el disparo de las protecciones.

La impedancia de onda debe ser de bajo valor para el fácil paso de las descargas atmosféricas. Debe conducir las corrientes de falta sin provocar gradientes de potencial peligrosos entre sus puntos vecinos, Al pasar la corriente de falta durante el tiempo máximo establecido de falta, no debe haber calentamientos excesivos. Debe ser resistente a la corrosión.

Para el cálculo de la red de tierras se utilizará la corriente de cortocircuito trifásica más elevada, de 41.46 kA. Si bien la red de tierras debe tener en cuenta las corrientes de cortocircuito monofásicas a tierra, se escoge la trifásica a tierra puesto que se trata del caso más desfavorable en caso de producirse el cortocircuito.

### **3.5.1. DATOS DE PARTIDA**

Para el cálculo y dimensionamiento de nuestra red de puesta a tierra partimos de los datos de partida que tenemos como las intensidades de cortocircuito ya halladas, la superficie que queremos proteger ante la falta y las características del terreno mostradas y analizadas en el informe geotécnico. Dichos datos son los mostrados a continuación:

### *Datos generales*

- Frecuencia de la red: 50 Hz
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Tiempo de despeje de la falta: 0.5 s

### *Datos del terreno*

- Espesor de la capa superficial: 0.20 m
- Resistividad de la capa superficial ( $\rho_s$ ): 3000  $\Omega$ -m
- Espesor del primer suelo: 2.50 m
- Resistividad del primer suelo ( $\rho_1$ ): 38  $\Omega$ -m
- Espesor del segundo suelo: 3.50 m
- Resistividad de la capa superficial ( $\rho_2$ ): 30  $\Omega$ -m

### *Datos geométricos*

- Profundidad de la rejilla (h): 0.80 m
- Lado mayor de la malla: 51 m
- Lado menor de la malla: 42 m
- Lado cuadrícula de la malla (D): 3 m
- Longitud total de conductores: 1335 m

### *Datos de los conductores*

- Sección de los conductores: 185 mm<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta:
  - Una densidad de corriente del Cu de 160 A/mm<sup>2</sup>
  - Una intensidad de cortocircuito de 41.46 kA
  - Que de la malla suben a la superficie dos conductores, luego la intensidad se divide por dos.

### *Datos generales de las líneas*

- Niveles de tensión: 220 y 20 kV
- Nivel en el que se produce la falta: 220 kV
- Corriente de cortocircuito: 41.46 kA

### **3.5.2. TENSIONES DE CONTACTO Y PASO MÁXIMAS ADMISIBLES**

Los valores máximos admitidos por el MIE-RAT 13 para estos parámetros son función de la resistividad del terreno en su superficie y la duración de la falta y se determinan a partir de las expresiones que se indican a continuación:

- *Tensión de paso:*

$$V_p = \frac{10 * K}{t^n} * \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000}\right) (V)$$

- *Tensión de paso*

$$V_c = \frac{K}{t^n} * \left(1 + \frac{1.5\rho_s}{1000}\right) (V)$$

*Siendo:*

$K = 72$  y  $n = 1$  ya que el tiempo de despeje de la falta es inferior a 0.9 s.

Luego las tensiones de paso y contacto admisibles son:

$$V_c = 792 V$$

$$V_p = 27360 V$$



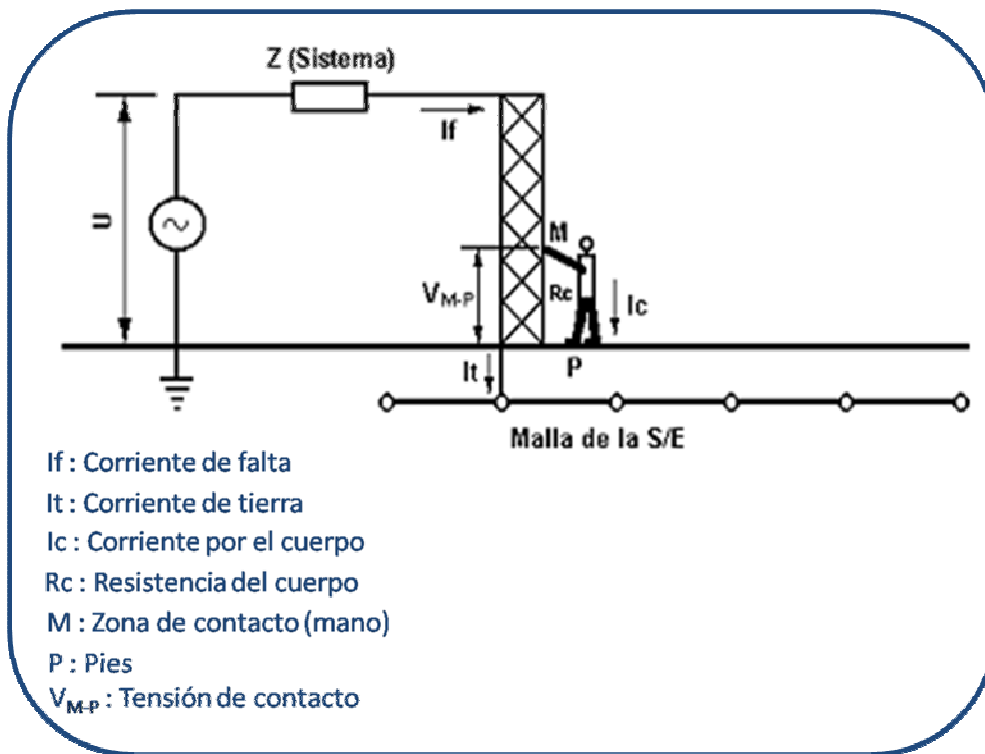


Figura 56 Esquema ilustrativo de la tensión de contacto

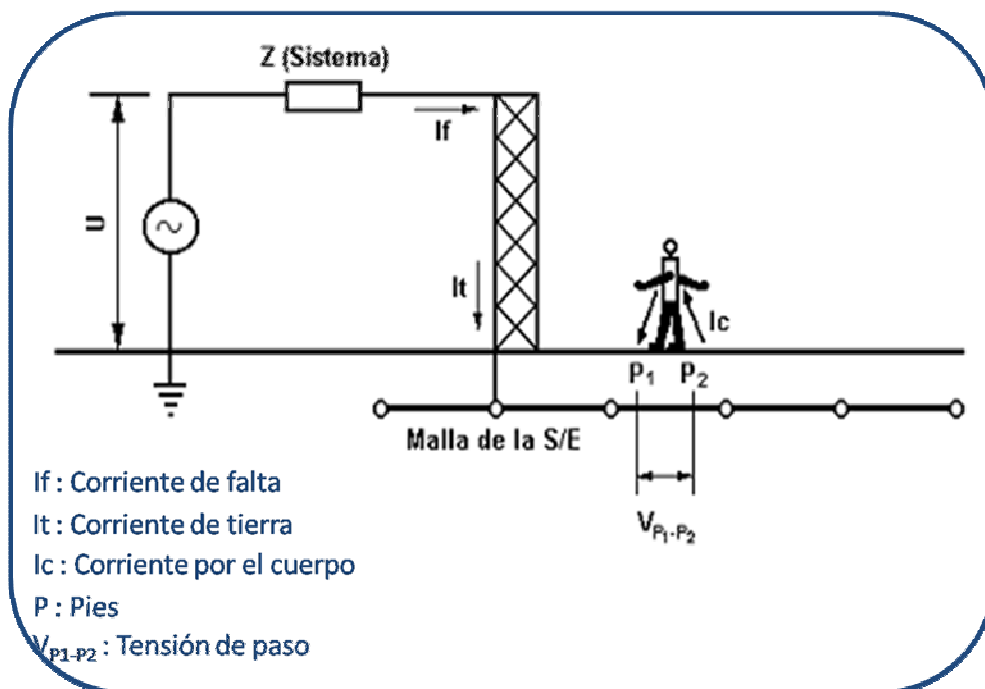


Figura 57 Esquema ilustrativo de la tensión de paso

### 3.5.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE PUESTA A TIERRA

Los valores máximos resultantes de tensión de paso y contacto para una determinada malla, a partir de unos valores de resistividad del terreno a la profundidad de enterramiento de la malla y de la intensidad de tierra, se pueden determinar a partir de expresiones empíricas publicadas por organismos internacionales, tales como las indicadas a continuación publicadas por la IEEE 80.

$$E_p = K_p * K_i * \rho_s * I_F / L$$

$$E_c = K_m * K_i * \rho_s * I_F / L$$

$$K_p = \frac{1}{\pi} * \left[ \frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{2 * D} + \frac{1}{3 * D} \dots + \frac{1}{(n - 1) * D} \right]$$

$$K_i = [0.656 + 0.172 * n]$$

$$K_m = \frac{1}{2 * \pi} * Ln * \frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{1}{\pi} * Ln \left( \frac{3}{4} \right) * \left( \frac{5}{6} \right) * \left( \frac{7}{8} \right) * \dots * \left[ \frac{2 * n - 3}{2 * n - 2} \right]$$

*Siendo:*

$E_p$ : Tensión de paso resultante (V)

$E_c$ : Tensión de contacto resultante (V)

$\rho_s$ : Resistividad del terreno ( $\Omega * m$ )

$I_F$ : Intensidad de falta (A)

$L$ : Longitud de los conductores enterrados (m)

$D$ : Espacio entre conductores (m)

$h$ : Profundidad de enterramiento de malla (m)

$d$ : Diámetro de los conductores de malla (m)

n: N° de conductores paralelos en una dirección

Los valores obtenidos con las fórmulas anteriores de tensión de paso y tensión de contacto son los siguientes:

$$E_p = 286.48 \text{ V}$$

$$E_c = 773.08 \text{ V}$$

La conexión de los ramales de derivación de la malla de tierra a los aparatos y elementos metálicos se realiza por compresión mediante piezas de conexión y derivación atornilladas de diseño estandarizado.

### 3.5.4. COMPROBACIÓN

Para comprobar si el dimensionamiento de nuestra malla es correcto, compararemos los valores obtenidos de tensiones máximas admisibles según el MIE-RAT 13, y las tensiones halladas según la IEEE 80, teniendo que ser mayores las primeras.

*Tabla 9 Resultado de las tensiones de paso y contacto calculadas en comparación con las máximas admisibles.*

	TENSIÓN DE PASO(V)	TENSIÓN DE CONTACTO(V)
MIE-RAT 13	27360	792
IEEE 80	286.48	773.40

Como se puede apreciar en la tabla los valores admisibles por el MIE-RAT 13 son superiores a los hallados por la IEEE 80 que representan los posibles valores de tensión de paso y contacto que nos podríamos encontrar en nuestra subestación ante posibles faltas o derivaciones a tierra.

## 3.6. CABLES

Para el correcto dimensionamiento de los cables hay que tener en cuenta la disposición de los mismos en el terreno por lo que se tendrán en cuenta las características de este y en caso de ir sobre algún tipo de estructura también influirá a la hora de la elección de la sección y tipo de cable.

Otros factores como la separación entre cables, profundidad de las zanjas o temperatura de trabajo serán determinantes en nuestros cálculos. Dichos cálculos se muestran a continuación diferenciando entre cables de alta tensión y cables de media tensión.

### 3.6.1. CABLES DE ALTA TENSIÓN

Como ya se comentó, la capacidad real del cable varía según su disposición y las características del terreno. Para ello se aplicarán los factores de corrección pertinentes sacando como resultado la intensidad real del cable con la que se podrá elegir.

Se tomarán de las intensidades nominales ya calculadas en el apartado 1.6.1 como dato de partida en los cálculos.

Aplicando el método de cálculo por intensidad máxima admisible los factores de corrección son los siguientes:

- Factor de corrección ( $K_1$ ), para una temperatura de 30 °C:

Según la norma UNE 20435, se aplicará un factor de corrección de 0.96.

- Factor de corrección (K2), para una separación entre cables unipolares de 0.25 m, enterrados directamente en el suelo:

Según la norma UNE 20435, se aplicará un factor de corrección de 0.80.

- Factor de corrección (K3), para una resistividad térmica del suelo clasificado como “terreno normal”:

Según la norma UNE 20435, se aplicará un factor de corrección de 1.05.

- Factor de corrección (K4), para cables enterrados a una distancia de 1.5 m.

Según la norma UNE 20435, se aplicará un factor de corrección de 0.93.

Luego la intensidad máxima admisible partiendo de nuestra intensidad nominal será la siguiente:

$$I_{max} = I_N * K1 * K2 * K3 * K4$$

$$I_{max} = 997.24 \text{ A} * 0.96 * 0.80 * 1.05 * 0.93 = 747.88 \text{ A}$$

La intensidad que se utilizará como referencia ante el fabricante será de 747.88 A, teniendo cuidado de no estar en los límites de intensidad para una sección determinada puesto que se pretende dejar un margen de seguridad.

Para los cables que van desde las celdas GIS a los transformadores se utilizará la intensidad nominal de dichas celdas y se contrastará con el fabricante. Puesto que la intensidad es muy pequeña no se aplicará factor de corrección alguno ya que no habrá ningún problema con la sección.

$$I_{max} = 157.46 \text{ A}$$

### 3.6.2. CABLES DE MEDIA TENSIÓN

Se tomarán como datos de partidas las intensidades nominales, para aplicar sobre las mismas los factores de corrección pertinentes descritos a continuación:

Factor de corrección (K1), para cables unipolares, trabajando con una temperatura exterior de 30 °C:

Según el RAT, tabla 14, apartado 6.1.3.2.1, se aplicará un factor de corrección de 1.10.

Factor de corrección (K2), para cables unipolares, tendidos sobre bandejas sin espacio entre ellos, nº de bandejas 3 (la más desfavorable) y 7 cables:

Según el RAT, tabla 16, apartado 6.1.3.2.3, se aplicará un factor de corrección de 0.69.

Luego la intensidad máxima admisible partiendo de las distintas intensidades nominales, según la celda, será la siguiente:

*Cable de línea:*

$$I_{max} = I_N * K1 * K2$$

$$I_{max} = 202.07 A * 1.10 * 0.69 = 153.37 A$$

*Cable de transformador:*

$$I_{max} = I_N * K1 * K2$$

$$I_{max} = 1732.05 * 1.10 * 0.69 = 1314.625 A$$

Cable de servicios auxiliares:

$$I_{max} = I_N * K1 * K2$$

$$I_{max} = 18.186 * 1.10 * 0.69 = 13.80 A$$

Para los cables destinados a baterías de condensadores se utilizarán los mismos cálculos que para las celdas de líneas.

## 4. PLANOS



## Índice de Planos

*Plano n°1:* Planta de edificio

*Plano n°2:* Secciones de edificio

*Plano n°3:* Red de Tierras

*Plano n°4:* Plano de Situación de subestación

*Plano n°5:* Unifilar General

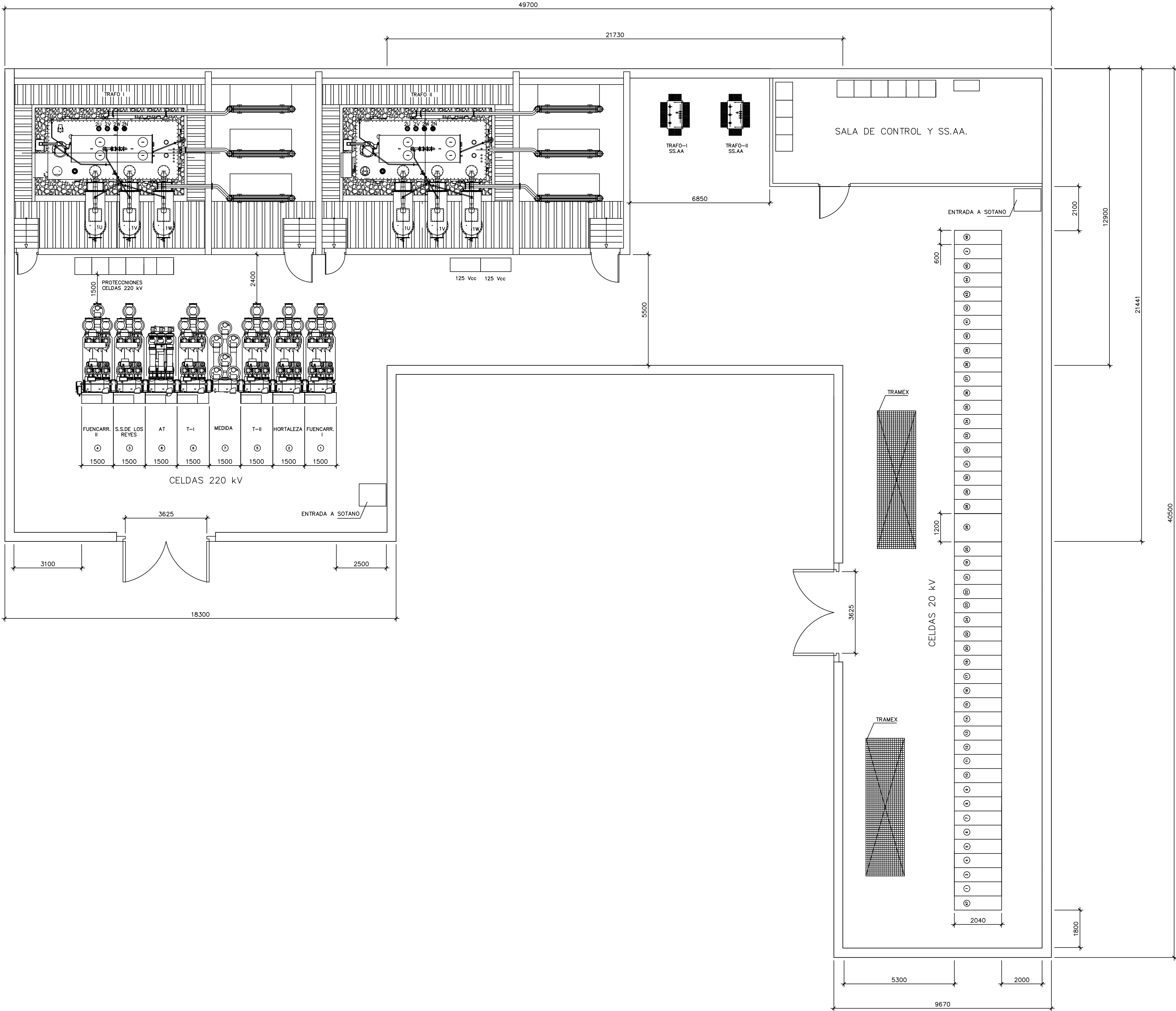
*Plano n°6:* Unifilar de SS.AA. c.a.

*Plano n°7:* Unifilar de SS.AA. c.c.

*Plano n°8:* Unifilar de protecciones posición de línea A.T.

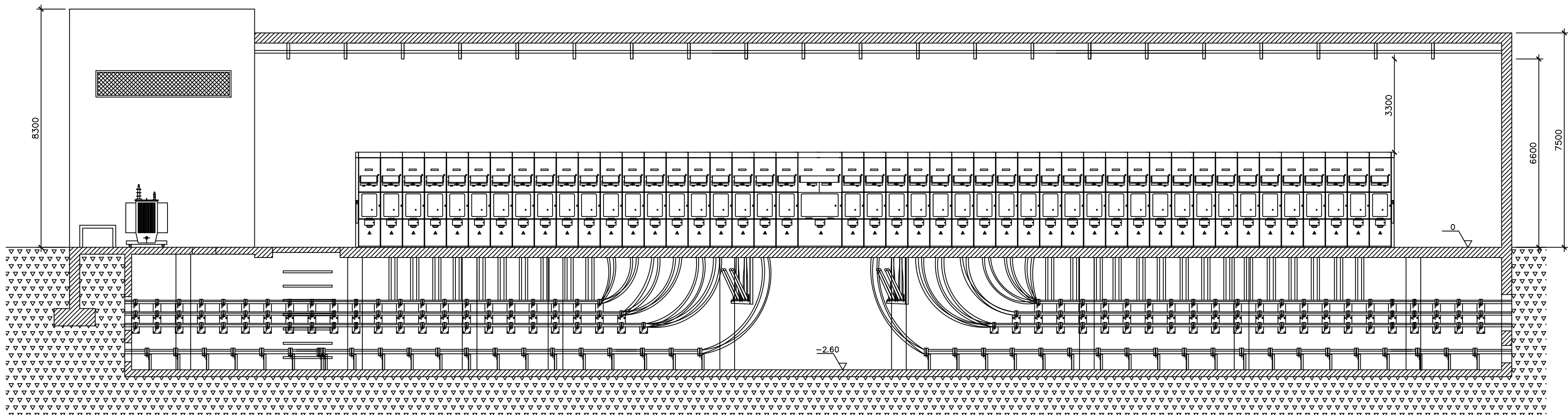
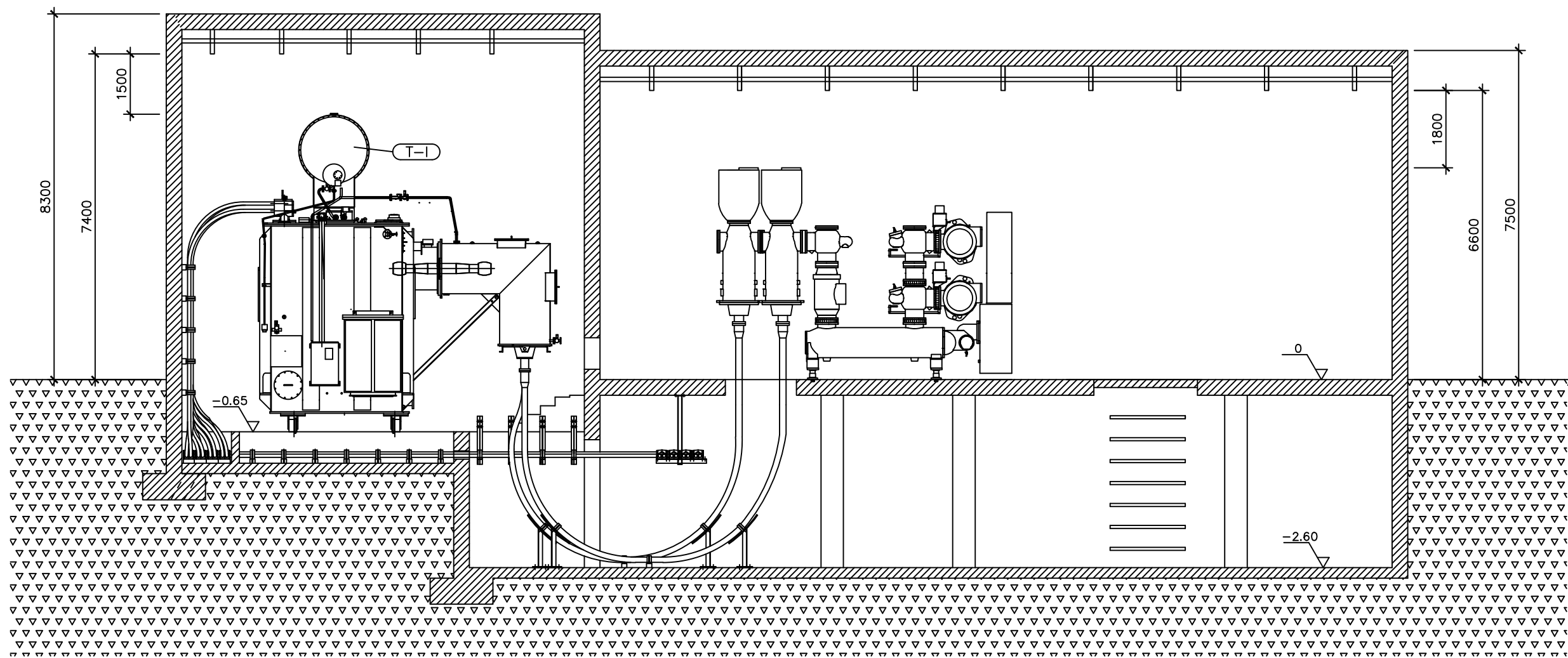
*Plano n°9:* Unifilar de protecciones posición de acoplamiento A.T.

*Plano n°10:* Unifilar de protecciones posiciones de M.T.

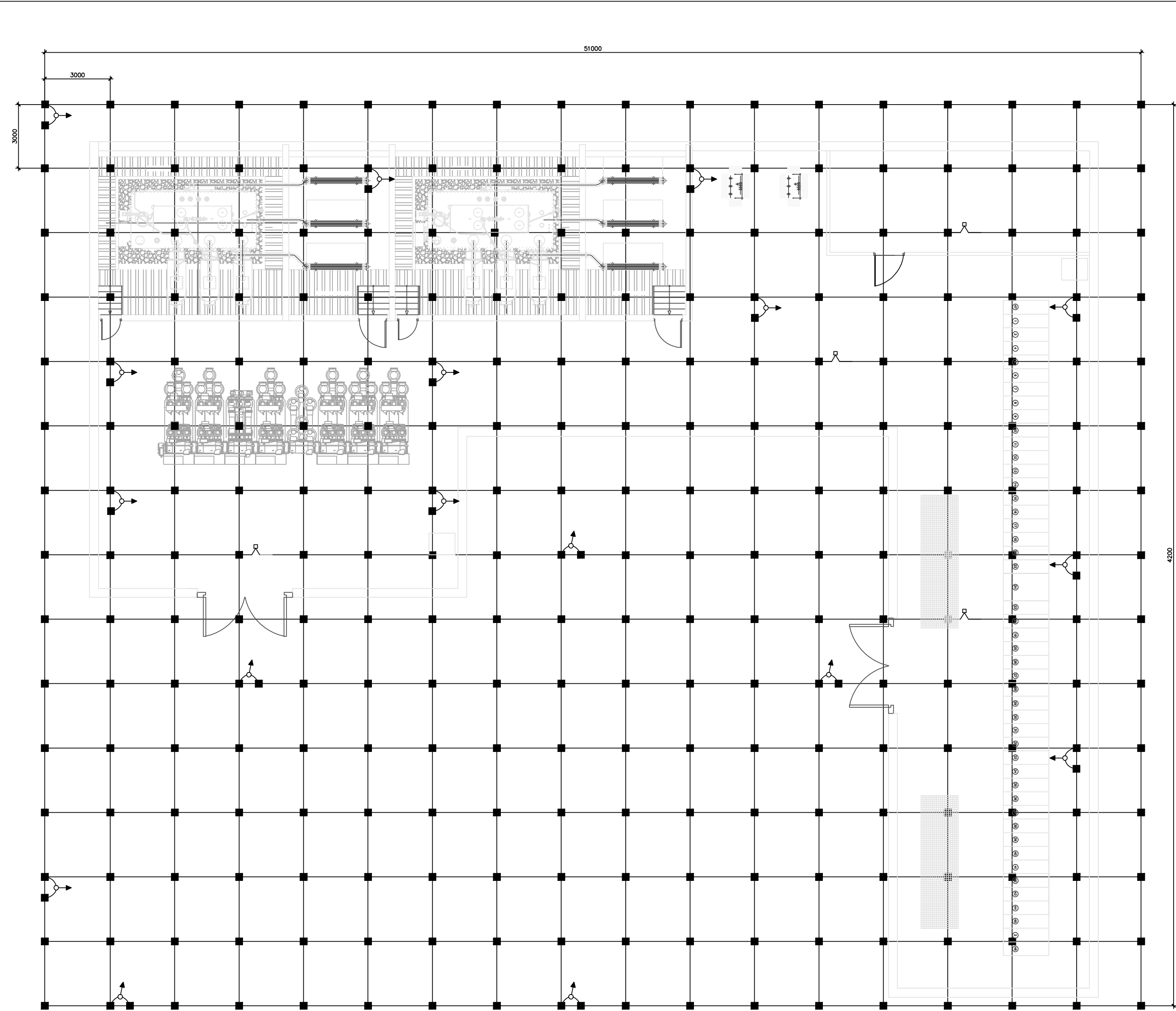


RELACION DEL APARELLAJE A INSTALAR			
POS.	CANT.	DENOMINACION	FABRICANTE
APARELLAJE 220 kV			
①-④	4	CELDA BUNDADA SF6 BARRA DOBLE POS. LINEA	SIEMENS
⑤-⑥	2	CELDA BUNDADA SF6 BARRA DOBLE POS. TRAFOS	SIEMENS
⑦	1	CELDA BUNDADA SF6 MEDIDA BARRAS A Y B	SIEMENS
⑧	1	CELDA BUNDADA SF6 ACOPLAMIENTO TRANSVERSAL BARRAS	SIEMENS
APARELLAJE 20 kV			
③-⑴	32	CELDA DOBLE BARRA POS. LINEA	ORMAZABAL
⑵-⑶	4	CELDA DOBLE BARRA POS. LINEA GENERACIÓN	ORMAZABAL
⑷-⑸	2	CELDA DOBLE BARRA POS. TRAFOS	ORMAZABAL
⑹-⑺	2	CELDA MEDIDA BARRAS	ORMAZABAL
⑻-⑼	2	CELDA DOBLE BARRA TRAFOS SS.AA.	ORMAZABAL
⑽-⑾	2	CELDA ACOPLAMIENTO TRANSVERSAL BARRAS	ORMAZABAL
⑿	1	CELDA ACOPLAMIENTO LONGITUDINAL BARRAS	ORMAZABAL
⑴-⑵	2	CELDA DOBLE BARRA POS. BATERIA DE CONDENSADORES	ORMAZABAL
TRANSFORMADORES			
⑴-⑵	2	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220/20kV 60 MVA	ABB
⑶-⑷	2	TRANSFORMADOR DE SS.AA. 20.000/400V 630kVA	ABB

	Fecha	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID UC3M
Dibujado	Febrero 2012	Javier López Sotomayor		
Comprobado		Idán Lozano Álvarez		
Tamaño:	A2		Editado para:	
Escala:	PLANTA DEL EDIFICIO			Plano nº 1
1:100	SUBESTACIÓN 220KV ZONA NORTE(MADRID)			N. Alumno: 100286829
				Curso: 5º I.I.ND.

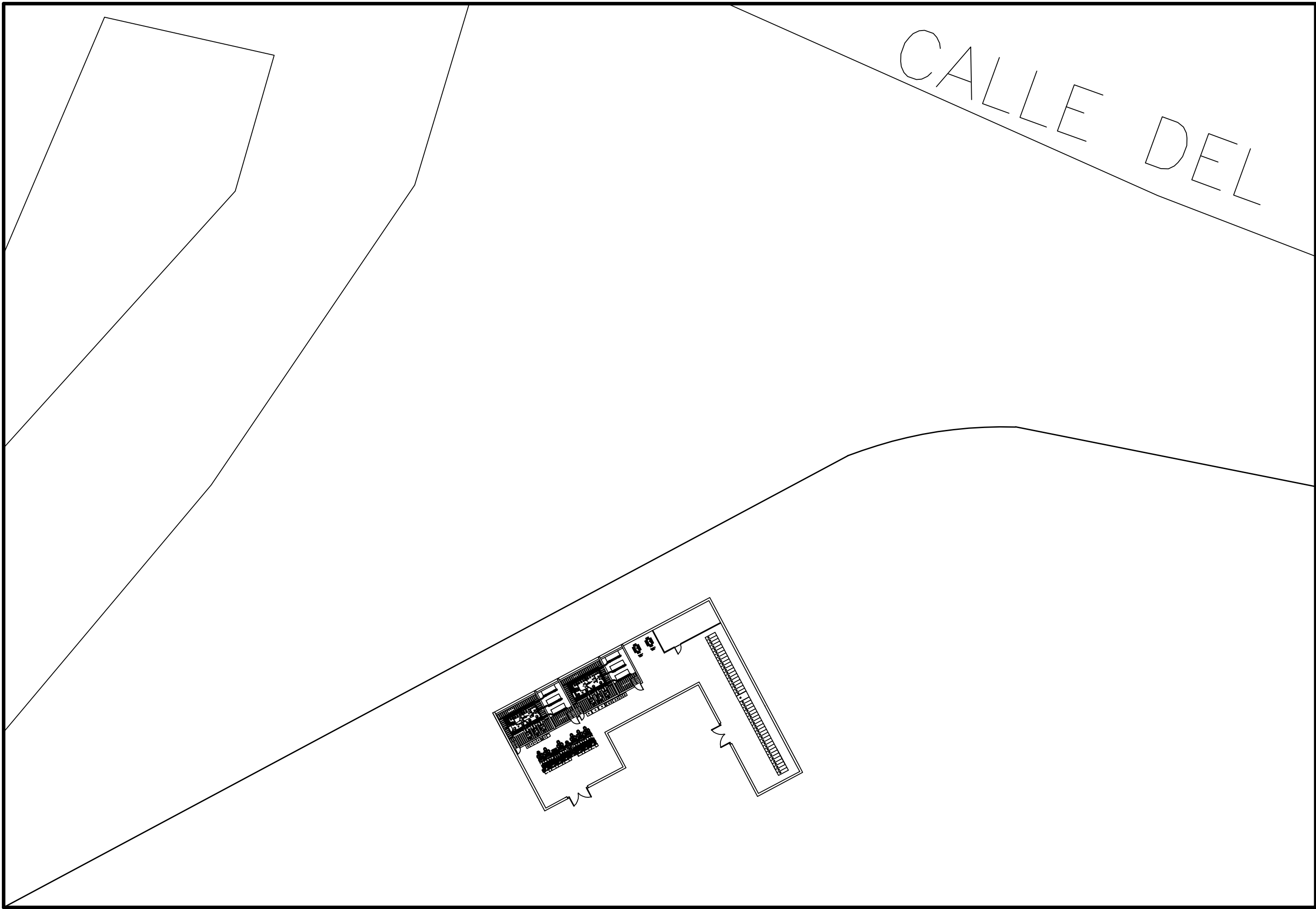


	Fecha	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID UC3M
Dibujado	Febrero 2012	Javier López Sotomayor		
Comprobado		Iván Lozano Álvarez		
Tamaño:	A2		Editado para:	
Escala:	SECCION DEL EDIFICIO			Plano nº 2
1:75	SUBESTACIÓN 220KV ZONA NORTE(MADRID)			N. Alumno: 100286829
				Curso: 5º I.IND.

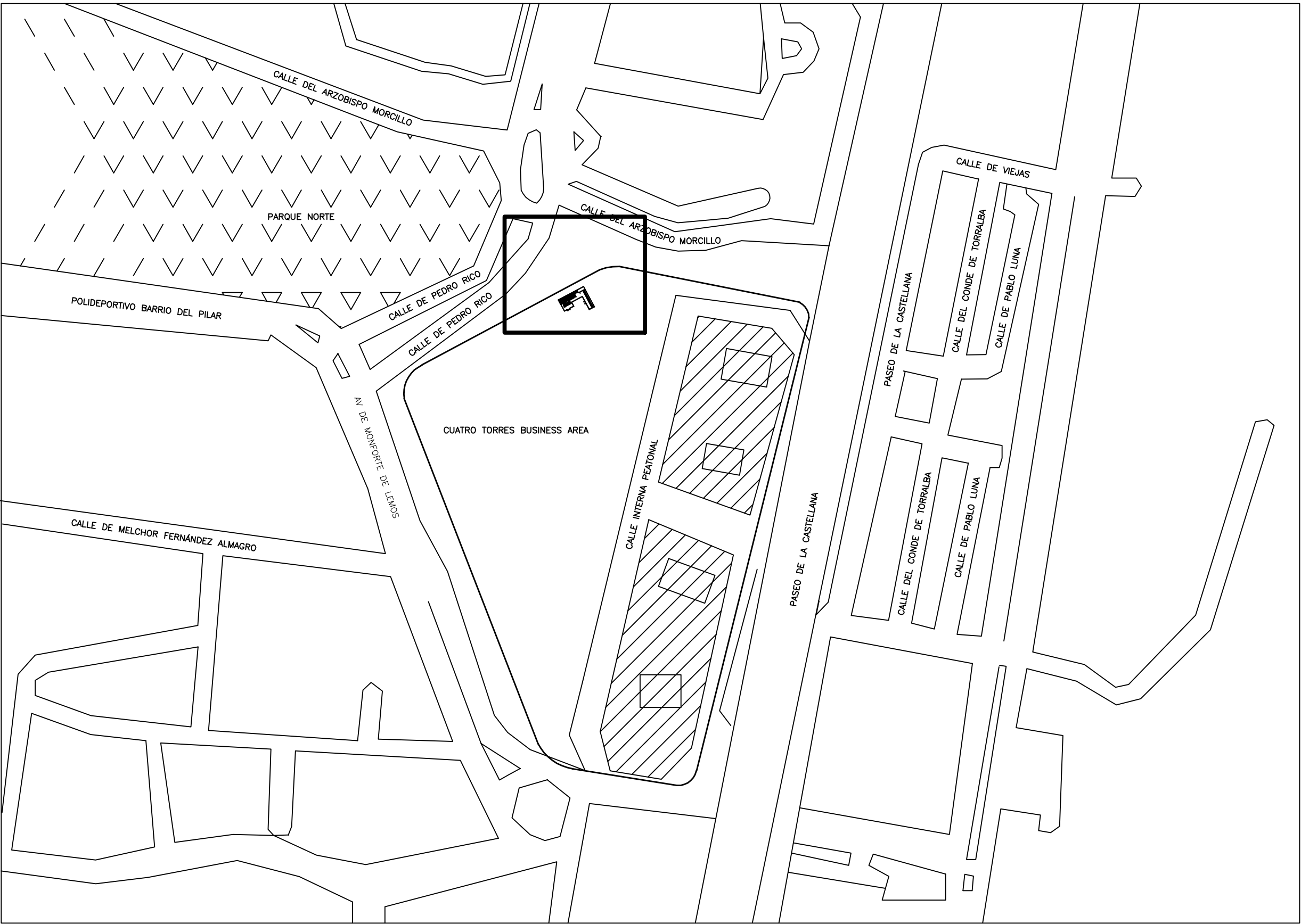


RELACION DE MATERIALES NECESARIOS PARA EL MONTAJE		
CANT.	SIMBOLO	DENOMINACION
-		CABLE Cu DESNUDO DE 185 mm² ENTERRADO A 0.8m. DE PROFUNDIDAD
70	⊞	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN T PARA CABLE PASANTE Cu DE 185 mm² A CABLE Cu 185 mm²
217	⊞	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ PARA CABLE PASANTE Cu DE 185mm² A CABLE Cu 185 mm²
4	⌞	CONEXION A TIERRAS ARMADURAS CIMENTACION
17	⦶	BUCLE QUE SUBE DE LA MALLA ENTERRADA AL INTERIOR DE LA SUBESTACION

	Fecha	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID UC3M
Dibujado	Junio 2012	Javier López Solomayor		
Comprobado		Juán Lozano Álvarez		
Tamaño: A2			Editado para:	Plano n°
Escala:	RED DE TIERRAS			3
1:100	SUBESTACIÓN 220KV ZONA NORTE(MADRID)			N. Alumno: 100286829
				Curso: 5º I.I.N.D.



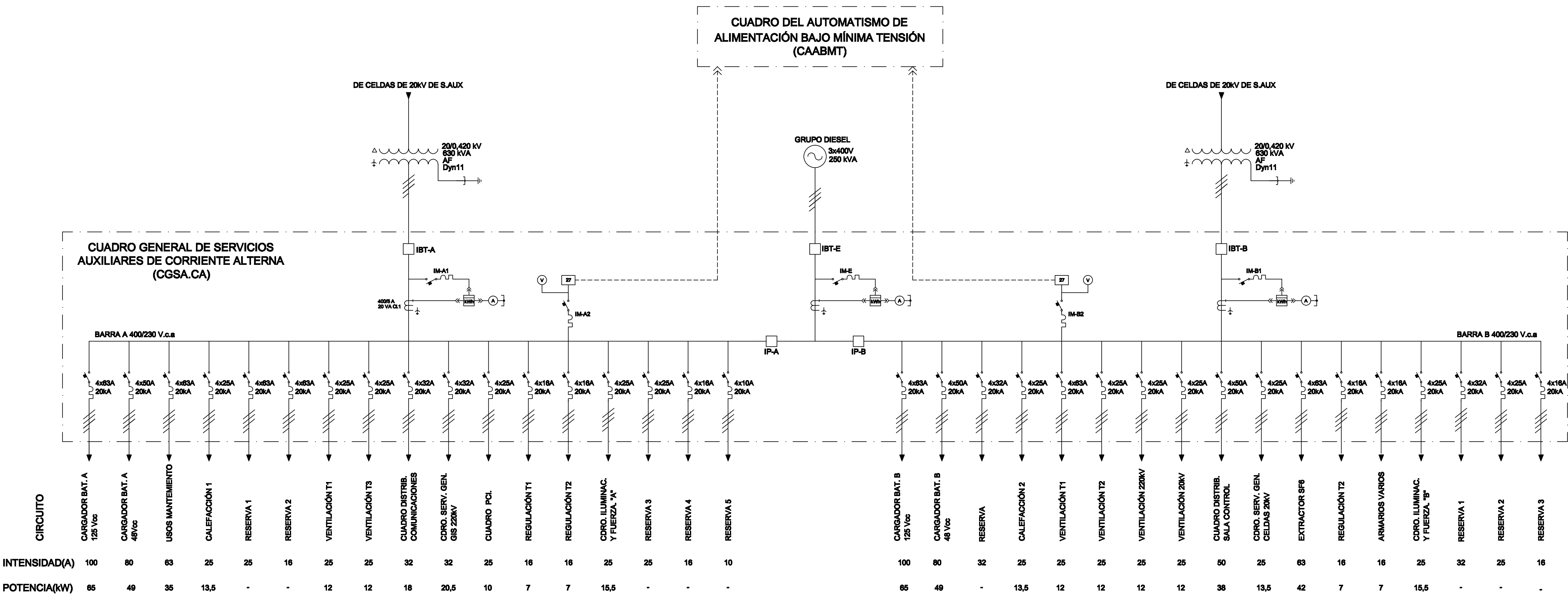
Escala 1:7500



Escala 1:9000

	Fecha	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID UC3M	
Dibujado	Abril 2012	Javier López Solomayer			
Comprobado		Juán Lozano Álvarez			
Tamaño: A2			Editado para:		
Escala:	PLANO DE SITUACIÓN			Plano n°	4
Indicados	SUBESTACIÓN 220KV ZONA NORTE(MADRID)			N. Alumno: 100286829	
				Curso: 5º I.I.N.D.	





CIRCUITO	INTENSIDAD(A)	POTENCIA(KW)
CARGADOR BAT. A 125 Vcc	100	65
CARGADOR BAT. A 48 Vcc	80	49
USOS MANTENIMIENTO	63	35
CALEFACCIÓN 1	25	13,5
RESERVA 1	25	-
RESERVA 2	16	-
VENTILACIÓN T1	25	12
VENTILACIÓN T3	25	12
CUADRO DISTRIB. COMUNICACIONES	32	18
GRUPO SERV. GENL. 220V	32	20,5
CUADRO PCL	25	10
REGULACIÓN T1	16	7
REGULACIÓN T2	16	7
GRUPO ILLUMINAC. Y FUERZA, "A"	25	15,5
RESERVA 3	25	-
RESERVA 4	16	-
RESERVA 5	10	-

CARGADOR BAT. B 125 Vcc	100	65
CARGADOR BAT. B 48 Vcc	80	49
RESERVA	32	-
CALEFACCIÓN 2	25	13,5
VENTILACIÓN T1	25	12
VENTILACIÓN T2	25	12
VENTILACIÓN 220V	25	12
VENTILACIÓN 20kV	25	12
CUADRO DISTRIB. SALA CONTROL	50	38
GRUPO SERV. GENL. CELDAS 20kV	25	13,5
EXTRACTOR SF6	63	42
REGULACIÓN T2	16	7
ARMARIOS VARIOS	16	7
GRUPO ILLUMINAC. Y FUERZA, "B"	25	15,5
RESERVA 1	32	-
RESERVA 2	25	-
RESERVA 3	16	-

NOTA:  
Todos los interruptores magnetotérmicos de caja moldeada tendrán las siguientes características:  
- Todos los interruptores serán tetrapolares y de corriente nominal según la tabla superior  
- El poder de corte será de 20 kA  
- Curvas de disparo C según norma UNE-EN 60898 para fuerza e iluminación y consumos generales  
- Curvas de disparo D para circuitos con elevadas corrientes de arranque: Motores, Aeros, etc

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

Interruptor	Intensidad nominal	Poder de corte
IBT-A	4x500 A	50 kA
IBT-B	4x500 A	50 kA
IBT-E	4x500 A	50 kA
IP-A	4x500 A	50 kA
IP-B	4x500 A	50 kA

INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

Interruptor	Intensidad nominal	Poder de corte
IM-A1	4x2A	20 kA
IM-A2	4x2A	20 kA
IM-B1	4x2A	20 kA
IM-B2	4x2A	20 kA
IM-E	4x2A	20 kA

NOTA DEL CAABMT:  
Junto al Cuadro General de Servicios Auxiliares de Corriente Alterna (CGSA.Vca) se instalará el Cuadro del Automatismo de Alimentación Bajo Mínima Tensión (CAABMT).

El CAABMT tendrá como finalidad automatizar la apertura y cierre de los interruptores automáticos: IBT-A, IBT-B, IBT-E, IP-A, IP-B con el objeto de asegurar la alimentación en barras A y B  
En condiciones normales de alimentación (config. 1.1) los automáticos se encontrarán:  
- IBT-E, IP-A, IP-B abierto  
- IBT-A, IBT-B cerrado

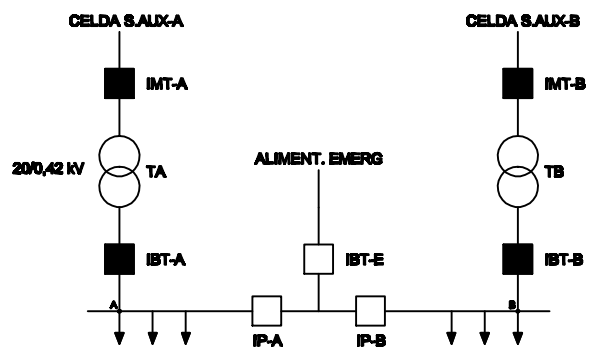
En caso de mínima tensión en barras A y correcta tensión en barras B, (config. 2.1), el automatismo establecerá:  
- IBT-E, IBT-A abierto  
- IBT-B, IP-A, IP-B cerrado

En caso de mínima tensión en barras B y correcta tensión en barras A, (config. 2.2), el automatismo establecerá:  
- IBT-E, IBT-B abierto  
- IBT-A, IP-A, IP-B cerrado

En caso total de falta de alimentación en ambas barras, (config. 2.3) el automatismo desconectará ambos trafos de s.aux y pondrá en marcha el grupo diesel de 250 kVA. Para ello, los interruptores se encontrarán:  
- IBT-A, IBT-B abierto  
- IBT-E, IP-A, IP-B cerrado

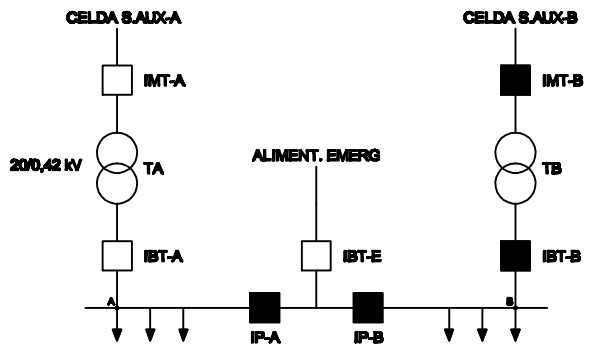
1. CONFIGURACIÓN EN SERVICIO NORMAL

CONFIG. 1.1

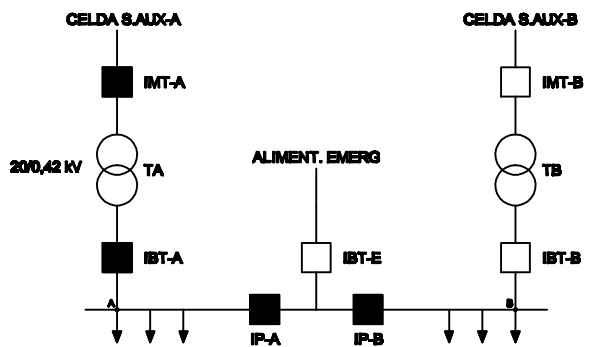


2. CONFIGURACIONES DE EMERGENCIA

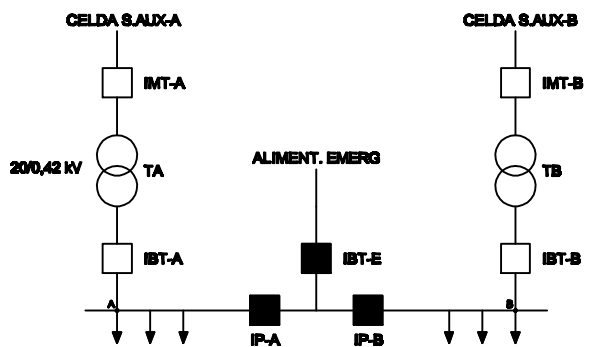
CONFIG. 2.1(Falla en TA o en alimentación a barras "A")



CONFIG. 2.2(Falla en TB o en alimentación a barras "B")



CONFIG. 2.3(Falta total de alimentación a barras "A" y "B")

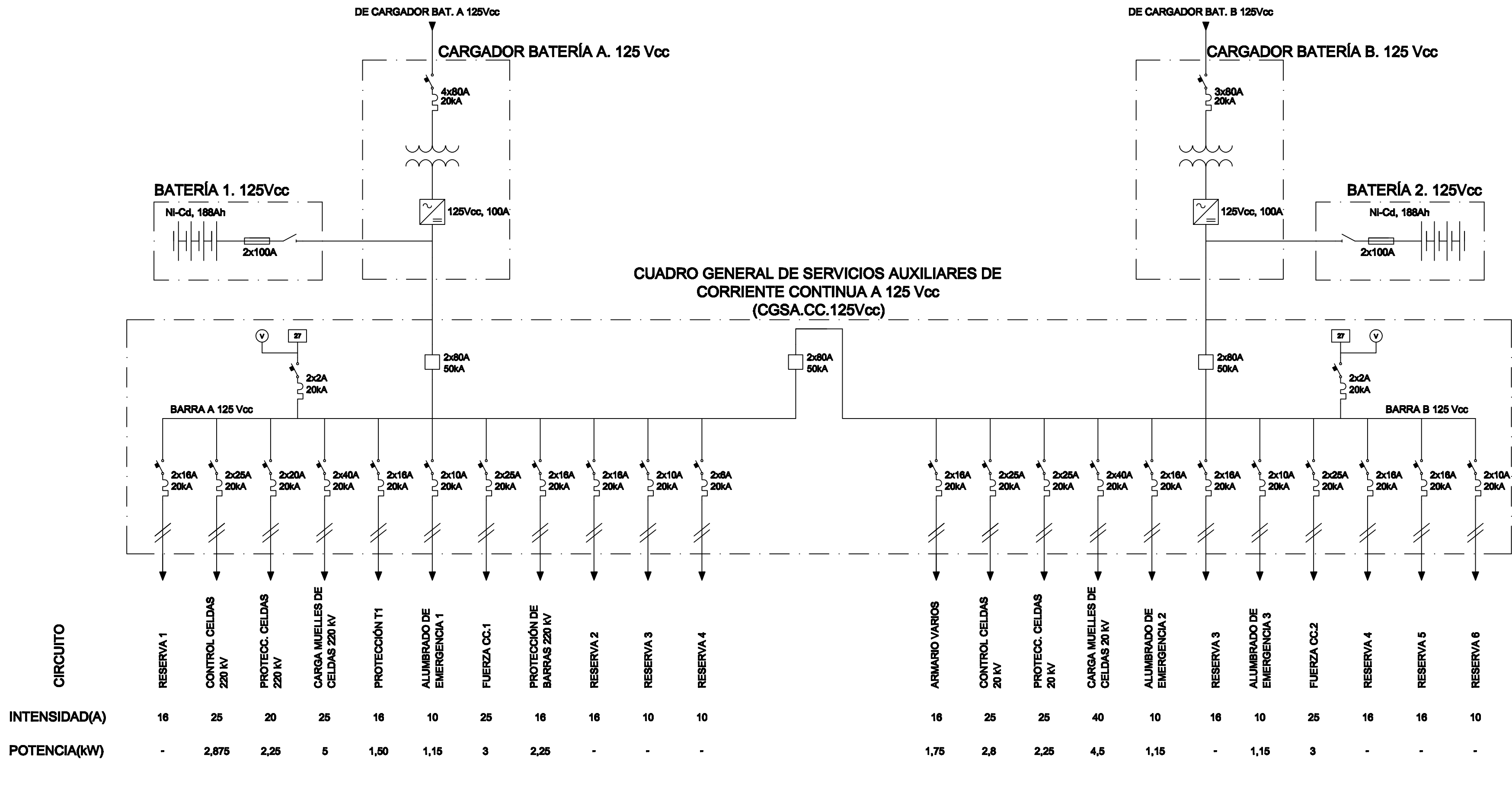


NOTAS

- INTERRUPTOR CERRADO
- INTERRUPTOR ABIERTO

LEYENDA	
	Interruptor Automático
	Interruptor Magnetotérmico
	Contador
	Amperímetro
	Voltímetro
	Relé de Mínima Tensión

Escala:	Fecha	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID UC3M
	Dibujado	Febrero 2012	Javier López Solomayor	
	Comprobado		Juan Lozano Álvarez	
	Tamaño: A2		Editado para:	
S.S.	UNIFILAR DE SS.AA. C.A.			Plano n° 6
	SUBESTACIÓN 220KV ZONA NORTE(MADRID)			N. Alumno: 100286829
				Curso: 5º I.IND.



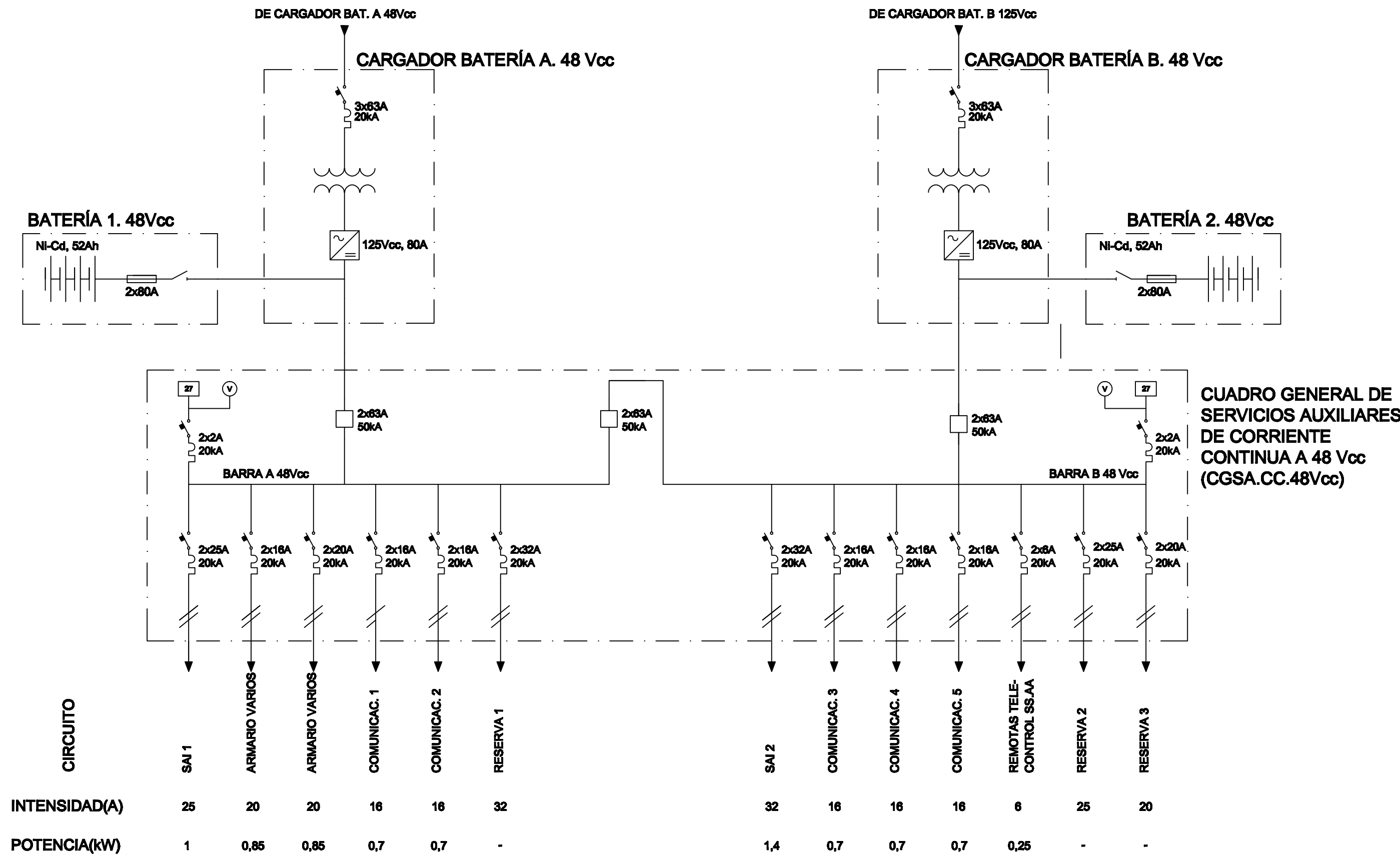
NOTA 1:  
Todos los interruptores magnetotérmicos de caja moldeada de ambos cuadros de corriente continua tendrán las siguientes características:  
- Todos los interruptores serán bipolares y de corriente nominal según la tabla adjunta  
- El poder de corte será de 20 kA

NOTA 2:  
Los cargadores de batería A y B de 125Vcc y 48 Vcc se encontrarán lo más próximos posibles a los armarios de baterías de ambas tensiones.

Adicionalmente batería y cargador deberán estar lo más cerca posible a sus Cuadros Generales de Servicios Auxiliares de Corriente Continua.

NOTA 3:  
El cargador de batería deberá permitir regular las tensiones de salida según las especificadas en la memoria con el objeto de conseguir correctas tensiones de flotación, carga rápida y carga profunda

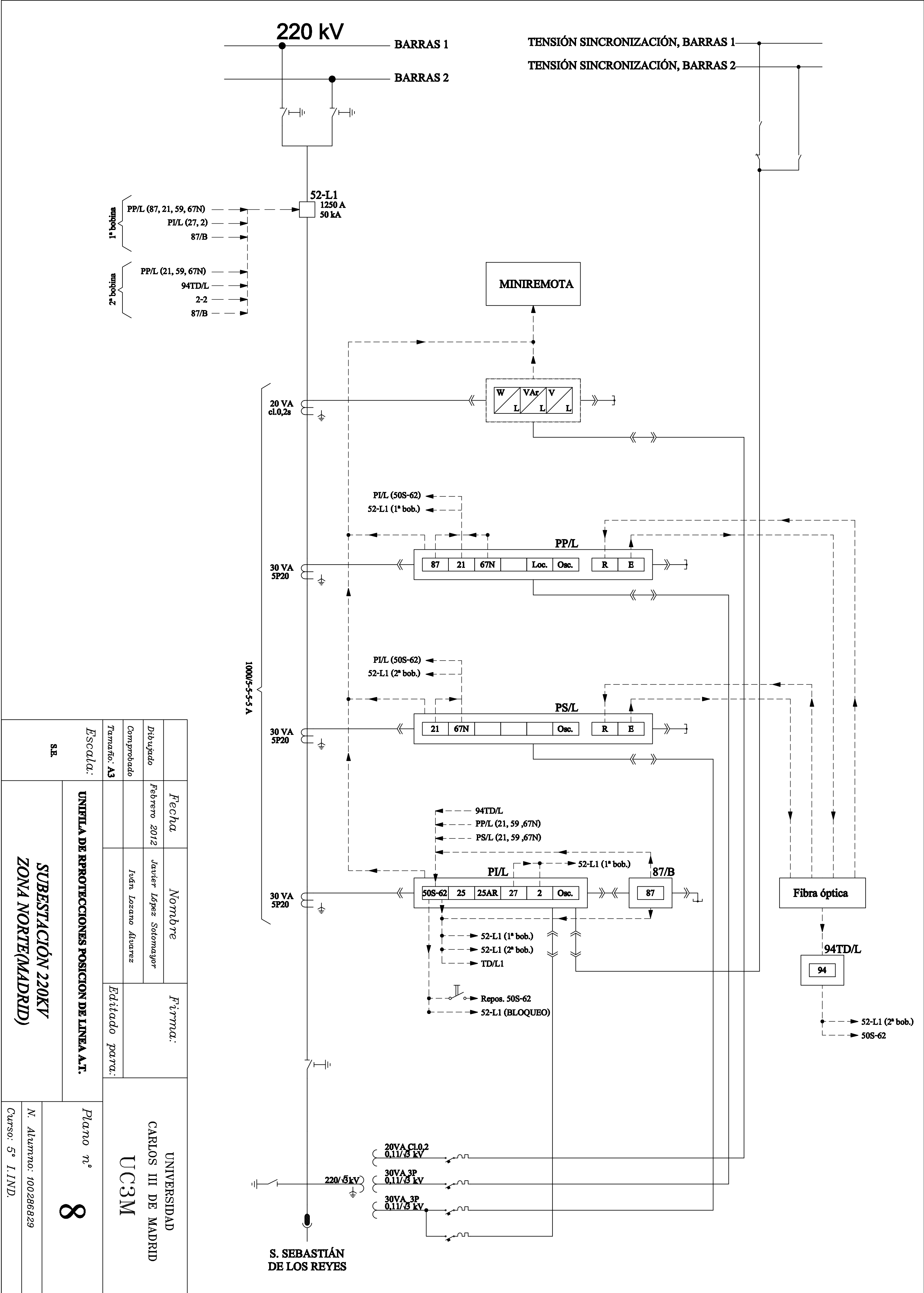
NOTA 4:  
Los embarrados de ambos cuadros de corriente continua(48 y 125 Vcc) dispondrán de un cuadro sinóptico en el frontal de la envolvente en el que se conocerá en todo momento la situación de los interruptores automáticos

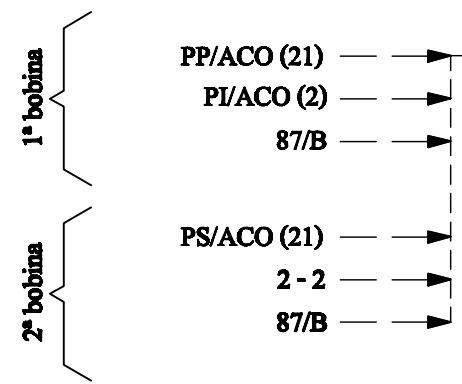


LEYENDA	
	Interruptor Automático
	Interruptor Magnetotérmico
	Contador
	Amperímetro
	Voltímetro
	Relé de Mínima Tensión
	Rectificador
	Fusible
	Celdas de Batería de Ni-Cd

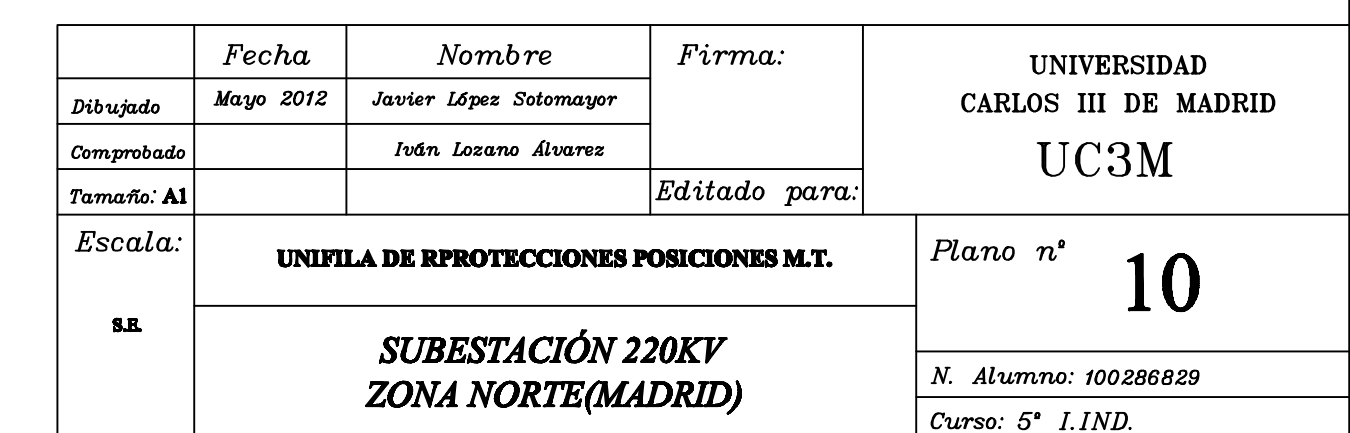
Escala:	Fecha	Nombre	Firma:	UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID UC3M
	Dibujado	Febrero 2012	Javier López Sotomayor	
	Comprobado		Juan Lozano Álvarez	
	Tamaño: A2		Editado para:	
S.S.	UNIFILAR DE SS.AA. C.C.			Plano n° 7
	SUBESTACIÓN 220KV ZONA NORTE(MADRID)			N. Alumno: 100286829
				Curso: 5º I.I.N.D.







UNIVERSIDAD  
CARLOS III DE MADRID  
UCC3M  
*Plano n.º*  
9



## 5. ESTUDIO ECONÓMICO

# Índice del Estudio Económico

<b>5. ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>149</b>
5.1. OBRA CIVIL .....	150
5.2. CELDAS 220 KV .....	155
5.3. CELDAS Y EQUIPOS 20KV .....	156
5.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIA .....	158
5.4. CABLES .....	159
5.5. SERVICIOS AUXILIARES.....	160
5.6. CONTROL, MEDIDA, COMUNICACIÓN Y PROTECCIÓN.....	162
5.7. SERVICIOS INGENIERÍA.....	165
5.8. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	166
5.9. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	167

## 5. ESTUDIO ECONÓMICO

La elaboración del presente proyecto ha significado el gasto monetario que se muestra a continuación, empezando con el desglose de cada una de las partes que lo componen y mostrándose finalmente el resumen general del presupuesto.

En cada una de las partes se indica una breve descripción del equipo a instalar o actividad a realizar junto con su precio unitario y su precio total, indicándose las unidades de cada uno.

De esta manera se va a poder analizar al final del presupuesto la relación entre precio y cantidad que significan algunos de los equipos, para así llamar la atención de su importancia dentro de la subestación.

## 5.1. OBRA CIVIL

### OBRA CIVIL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC. UNT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
Desbroce y limpieza terreno vegetal con extracción del mismo. Incluye carga y transporte a vertedero autorizado.	m <sup>2</sup>	1,3	2.499	3.248,7
Excavación a cielo abierto por medios mecánicos con la retirada del mismo. No incluye carga y transporte.	m <sup>3</sup>	2,27	9.676	21.964,5
Excavación de zanjas en terrenos compactos por medios mecánicos. No incluye carga y transporte.	m <sup>3</sup>	6,69	450	3.010,5
Relleno extendido y apisonado de tierras propias a cielo abierto por medios mecánicos. Hasta conseguir un grado de compactación del 95% de próctor normal, sin aporte de tierra.	m <sup>3</sup>	6,6	440	2.904,0
Transporte de tierras al vertedero a una distancia menor de 20 km incluyendo ida y vuelta y la carga de estas.	m <sup>3</sup>	7,63	9.676	73.827,9
<b>TOTAL</b>				<b>104.955,6</b>

### CIMENTACIONES

Hormigón en masa HM-20 N/mm <sup>2</sup> , consistencia blanda, T <sub>máx</sub> 20 mm, para ambiente normal, para limpieza y nivelado de fondos de cimentación.	m <sup>3</sup>	83,2	81,0	6.736,7
Encofrado y desencofrado con madera suelta en zapatas, zanjas, vigas y encepados, considerando 4 posturas. Según NTE-EME.	m <sup>2</sup>	11,04	1.050,0	11.592,0
Hormigón armado HA-25 N/mm <sup>2</sup> , consistencia blanda, para relleno de zapatas, zanjas de cimentación, incluso armadura vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según normas NTE-CSZ y EHE	m <sup>3</sup>	119,72	98,0	11.732,6
Solera de hormigón de 15 cm. De espesor, realizada con hormigón HA-20N/mm <sup>2</sup> , T <sub>máx</sub> 20 mm, elaborado en obra armado con mallazo de 49x51x15 extendido y compactado con pistón. Según NTE-RSS y EHE.	m <sup>2</sup>	20,41	2.100,2	42.864,9
<b>TOTAL</b>				<b>72.926,1</b>

### ESTRUCTURAS

Acero laminado S-275-JR, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares y correa mediante uniones soldadas según normas NTE-EAS/EAV.	Kg	1,23	50.000,0	61.500,0
Hormigón armado HA-25 N/mm <sup>2</sup> , T <sub>máx</sub> 20 mm consistencia blanda, encofrado en madera, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-EME y EHE.	m <sup>3</sup>	496,58	413,8	205.460,0
Forjado reticular con capa de compresión de 5 cm de hormigón HA-25/P/201, refuerzo de huecos, encofrado y desencofrado y macizo de capiteles, sin repercusión en pilares. Según normas NTE-EHR, EFHE y EHE.	m <sup>2</sup>	51,56	1.890,2	97.457,2
<b>TOTAL</b>				<b>364.417,1</b>



#### PAVIMENTO

Solado de terrazo interior micrograno de Mosaicos Solana S.A. tipo VA-CUTILE fabricado según norma UNE 127020 de 40 x 40 cm. En color claro y oscuro, correctamente pulido desde fábrica ensayos ante el deslizamiento/resbalamiento según marca AENOR.	m <sup>2</sup>	34,97	1.050,2	36.725,1
---	----------------	-------	---------	----------

**TOTAL** **36.725,1**

#### CARPINTERÍA DE ALUMINIO

Puerta metálica cortafuegos de 1,50 x 2,10 m, homologada EI 2-60-C5, constituida con dos chapas de acero electrocincado de 0,80 mm de espesor y cámara intermedia de material ignífugo sobre cerco de chapa de acero galvanizado de 1,20 mm de espesor. Acabo en pintura epoxi polimerizada al horno.	ud	495,9	3,0	1.487,8
---	----	-------	-----	---------

Puerta metálica cortafuegos de 0,90 x 2,10 m, homologada EI 2-60-C5, constituida con dos chapas de acero electrocincado de 0,80 mm de espesor y cámara intermedia de material ignífugo sobre cerco de chapa de acero galvanizado de 1,20 mm de espesor. Acabo en pintura epoxi polimerizada al horno.	ud	390,7	2,0	781,3
---	----	-------	-----	-------

Puerta metálica cortafuegos de 5 x 3,65 de doble puerta pivotante, homologada EI 2-60-C5, constituida con dos chapas de acero electrocincado de 0,80 mm de espesor y cámara intermedia de material ignífugo sobre cerco de chapa de acero galvanizado de 1,20 mm de espesor. Acabo en pintura epoxi polimerizada al horno.	ud	877,6	2,0	1.755,3
--	----	-------	-----	---------

Ventana tipo UNICITY de Technal o similar oscilo-paralela mayor de 1 m <sup>2</sup> y menor de 2 m <sup>2</sup> y partes fijas en relación máxima 2:1; perfil de aluminio con rotura maciza de puente térmico de Poliuretano, coeficiente de aislamiento térmico K= 1,5 W/m <sup>2</sup> K, con cámara de evacuación triple cierre con gomas estancas, marco, 2 hojas, herrajes y tornillería según normas UNE-EN-ISO	ud	187,0	3,0	561,0
---	----	-------	-----	-------

**TOTAL** **4.585,3**

#### TRAMEX

Emparrillado de acero inoxidable (tramex), marca Meiser, con acabado antideslizante, de medida 1,50 x 0,9 m.	ud	79,0	3,0	237,0
--	----	------	-----	-------

Emparrillado de acero inoxidable (tramex), marca Meiser, con acabado antideslizante, medida según se precise.	m <sup>2</sup>	82,5	16,0	1.320,0
---	----------------	------	------	---------

<b>TOTAL</b>				<b>1.557,0</b>
--------------	--	--	--	----------------

#### ILUMINACIÓN

Suministro e instalación de luminaria estanca marca SITECO modelo Monsum. Luminaria estanca con difusor Monsum, haz extensivo, con difusor prismático inyectado con balasto electrónico con precaldeo. Para lámpara fluorescente de 60 W. Índice de protección IP65, con clase de asilamiento I. Lámpara y equipos auxiliares de conexión. Transporte, montaje y puesta en servicio. Todo según normativa vigente.	ud	55,6	5,0	278,1
--	----	------	-----	-------

Suministro de EQUIPO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN EN CAJA ESTANCA, marca DAISALUX, modelo NOVA, 180 lúmenes. Totalmente equipada con lámparas y regletas de conexión. Montaje, pruebas y puesta en servicio. Todo ello perfectamente instalado, conexionado y funcionando según normativa vigente.	ud	70,1	4,0	280,6
---	----	------	-----	-------

Suministro e instalación luminaria de alumbrado exterior para montaje a mástil vertical marca SITECO DL 500 MAXI-A. Carcasa de poliéster con fibra de vidrio. Cierre de cristal plano. Preparado para lámparas de 100 W. Clase de protección 2 IP65. Totalmente equipadas con lámparas de y equipos auxiliares para la conexión. Transporte, montaje accesorios puesta en servicio previas pruebas de funcionamiento. Todo ello según normativa vigente.	ud	717,0	2,0	1.434,0
--	----	-------	-----	---------

Suministro y colocación de tubo corrugado de PVC de diametro 160 mm en el interior de zanja para la canalización de circuitos eléctricos durante la obra.	m	3,3	30,0	99,9
---	---	-----	------	------

<b>TOTAL</b>				<b>2.092,6</b>
--------------	--	--	--	----------------

#### SEGURIDAD

Sumistro y emplazamiento de unidad de operación para permitir la realización de maniobras con la protección suficiente del personal durante la ejecución de las maniobras y operaciones de mantenimiento. Compuesto de: Par de guantes de amianto Una palanca de accionamiento Placas y bandas de señalización Libro de órdenes Se incluye transporte y emplazamiento de todo el conjunto, pruebas y puesta en servicio Todo realizado según normativa vigente.	ud	579,0	1,0	579,0
---	----	-------	-----	-------

**TOTAL** **579,0**

#### VARIOS

Control de calidad	ud	6.600,0	1,0	6.600,0
Seguimiento arqueológico	ud	5.654,0	1,0	5.654,0
Estudio geotécnico	ud	9.500,0	1,0	9.500,0
Ingeniería de detalle en la obra civil	ud	6.700,0	1,0	6.700,0
Topografía en obra	ud	3.230,0	1,0	3.230,0

**TOTAL** **31.684,0**

**TOTAL OBRA CIVIL** **619.521,9**

## 5.2. CELDAS 220 KV

### CELDAS 220 KV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC.UNT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>CELDAS</b>				
<b><i>Celda blindada línea SF<sub>6</sub> doble barra 220 KV</i></b>	ud	426.732,0	4,0	1.706.928,0
Cada celda de línea incluye:				
Interrupitor SF <sub>6</sub>	ud		1,0	
Seccionador SF <sub>6</sub>	ud		4,0	
Transformador de intensidad	ud		3,0	
Transformador de tensión inductivo 220 KV	ud		3,0	
<b><i>Celda blindada trafo SF<sub>6</sub> doble barra 220 KV</i></b>	ud	358.522,0	2,0	717.044,0
Cada celda de transformador incluye:				
Interrupitor SF <sub>6</sub>	ud		1,0	
Seccionador SF <sub>6</sub>	ud		4,0	
Transformador de intensidad	ud		3,0	
<b><i>Celda blindada medida SF<sub>6</sub> doble barra 220 KV</i></b>	ud	120.670,0	1,0	120.670,0
Cada celda de medida incluye:				
Transformador de tensión inductivo 220 KV	ud		6,0	
Seccionador SF <sub>6</sub>	ud		2,0	
<b><i>Celda blindada acoplamiento SF<sub>6</sub> doble barra 220 KV</i></b>	ud	165.898,0	1,0	165.898,0
Cada celda de acoplamiento incluye:				
Interrupitor SF <sub>6</sub>	ud		1,0	
Seccionador SF <sub>6</sub>	ud		4,0	
Transformador de intensidad	ud		3,0	
Montaje y accesorios	ud	8.900,0	1,0	8.900,0
<b>TOTAL CELDAS 220 KV</b>				<b>2.719.440,0</b>

## 5.3. CELDAS Y EQUIPOS 20KV

### CELDAS 20 KV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC.UNT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>CELDAS</b>				
<b>Celda de línea SF<sub>6</sub> doble barra 20 KV</b>	ud	37.358,0	32,0	1.195.456,0
Cada celda de línea incluye:				
Interruptor	ud		1,0	
Seccionador	ud		3,0	
Transformador de intensidad	ud		3,0	
Transformador toroidal	ud		3,0	
<b>Celda de batería de condensadores SF<sub>6</sub> doble barra 20 KV</b>	ud	37.323,0	2,0	74.646,0
Cada celda de batería de condensadores incluye:				
Interruptor	ud		1,0	
Seccionador	ud		3,0	
Transformador de intensidad	ud		3,0	
<b>Celda de transformador SF<sub>6</sub> doble barra 20 KV</b>	ud	46.164,0	2,0	92.328,0
Cada celda de transformador incluye:				
Interruptor	ud		1,0	
Seccionador	ud		3,0	
Transformador de intensidad	ud		3,0	
Transformador toroidal 50/1 A	ud		3,0	
<b>Celda de acoplamiento longitudinal SF<sub>6</sub> doble barra 20 KV</b>	ud	36.004,0	1,0	36.004,0
Cada celda de acoplamiento longitudinal incluye:				
Interruptor	ud		2,0	
Seccionador	ud		8,0	

<b>Celda de acoplamiento transversal SF6 doble barra 20 KV</b>	ud	36.767,0	2,0	73.534,0
Interrupitor	ud		1,0	
Seccionador	ud		4,0	
<b>Celda de SS.AA. SF6 doble barra 20 KV</b>	ud	38.679,0	2,0	77.358,0
Cada celda de SS.AA incluye:				
Interrupitor	ud		1,0	
Seccionador	ud		3,0	
Transformador de intensidad	ud		3,0	
Transformador toroidal	ud		3,0	
<b>Celda de medida SF6 doble barra 20 KV</b>	ud	18.582,0	2,0	37.164,0
Cada celda de medida incluye:				
Transformador de tensión inductivo 24 KV	ud		6,0	
Montaje y accesorios	ud	7.200,0	1,0	7.200,0
<b>TOTAL CELDAS 20 KV</b>				<b>1.769.938,0</b>
<b>BATERÍA DE CONDENSADORES</b>				
Batería de condensadores, marca CIRCUTOR modelo CMF24GP. Configuración monofásica en doble estrella, para instalación interior. Tensión nominal 20 KV, frecuencia 50 Hz, potencia 8 MVar, grado de protección IP 23.	ud	5.900,0	6,0	35.400,0
<b>GRUPO DIESEL</b>				
Grupo diesel marca Perkins 250 kVA Modelo 1306-E87TA300	ud	28760,3	1	28760,3
<b>TOTAL CELDAS 20 KV Y BATERÍAS DE CONDENSADORES</b>				<b>1.834.098,3</b>

## 5.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

### TRANSFORMADOR DE POTENCIA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC.UNIT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>TRANSFORMADORES</b>				
Transformador de potencia 60 MVA de relación de transformación 220 ± 9 * 1,5 %/20 KV. Marca ABB Refrigeración ONAF, grupo de conexión YNd11	ud	1.020.397,0	2,0	2.040.794,0
Montaje y accesorios	ud	15.600,0	1,0	15.600,0
<b>TOTAL</b>				<b>2.056.394,0</b>

## 5.4. CABLES

### CABLES 220 KV

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC.UNT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>CABLES</b>				
Cable General Cable 127/220 KV, XLPE, AL 1 x 1200	m	105,6	600,0	63.336,0
Cable General Cable 127/220 KV, XLPE, CU 1 x 500	m	102,2	54,0	5.520,4
Terminal enchufable celda 127/220 KV, AL 1 x 1200	ud	25.366,7	12,0	304.400,2
Terminal enchufable celda 127/220 KV, CU 1 x 500	ud	25.022,2	6,0	150.133,3
Terminal enchufable trafo 127/220 KV CU 1 x 500	ud	26.514,0	6,0	159.084,0
Tendido cable línea 127/220 KV directamente enterrado	m	31,6	540,0	17.047,8
Tendido cable línea 127/220 KV en galería	m	84,9	60,0	5.095,8
<b>TOTAL CABLES 220 KV</b>				<b>704.617,4</b>



## 5.5. SERVICIOS AUXILIARES

### SERVICIOS AUXILIARES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC.UNT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>SS.AA. De C.C.</b>				
Batería Ni-Cd, 125 Vc.c. de capacidad 188 Ah, con un tiempo de descarga de 5 h. Marca NIFE, modelo KPM, ensayos y fabricación según norma IEC 60623.	ud	4.698,0	2,0	9.396,0
Batería Ni-Cd, 48 Vc.c. de capacidad 52 Ah, con un tiempo de descarga de 5 h. Marca NIFE, modelo KPM, ensayos y fabricación según norma IEC 60623.	ud	3.200,0	2,0	6.400,0
Cargador de batería, marca AEG-SAFT, modelo TPR, capacidad de 50 A , fabricado y ensayado según norma IEC 60146.	ud	2.500,0	2,0	5.000,0
Rectificador 400 V c.a./125 V c.c., marca AEG modelo ACC 1000, de potencia 1kW, fabricado y ensayado según norma IEC 60146.	ud	5.322,5	2,0	10.645,1
Convertidor 125/48 Vc.c., marca AEG, modelo CD 1000, de potencia 1 Kw, fabricado y ensayado según norma IEC 60146.	ud	4.100,0	2,0	8.200,0
Cuadro general de corriente continua, marca AEG-SAFT, modelo PC, material chapa de acero con acabado liso de color Beige RAL 1015, grado de protección IP 42, fabricado y ensayado según norma IEC 60439.	ud	12.000,0	1,0	12.000,0
<b>TOTAL</b>				<b>51.641,1</b>

#### SS.AA. De C.A.

Cuadro general de corriente alterna, marca ELECNO material chapa de acero con acabado liso de color Beige RAL 1015, grado de protección IP 42, fabricado y ensayado según norma IEC 60439.	ud	18.600,0	1,0	18.600,0
--	----	----------	-----	----------

**TOTAL** **18.600,0**

#### EQUIPO DE ALIMENTACIÓN (SAI)

Equipo de alimentación ininterumpida (SAI), de potencia 3 kW, frecuencia 50 Hz. Componiéndose cada equipo por:	ud	35.547,0	2,0	71.094,0
--	----	----------	-----	----------

Un ondulador (inversor), 125 V c.c./230 V c.a, marca AEG-SAFT, modelo ARCON, potencia 3 KVA, fabricado y ensayado según norma IEC 60146.  
Interruptor estático de transferencia y mantenimiento, marca AEG-SAFT, modelo ARCON, potencia 3KVA, con un tiempo de conmutación menor de 5 msg. Fabricado y ensayado según norma IEC 60146.

Cuadro de distribución, marca AEG, modelo ARCON ST, material chapa de acero con acabado liso de color Beige RAL 1015, fabricado y ensayado según las normas EN 61000-6-3, EN61000-4-2-6.

**TOTAL** **71.094,0**

Montaje y accesorios	ud	6.400,0	1,0	6.400,0
----------------------	----	---------	-----	---------

#### TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES

Transformador trifásico sumergido en aceite, marca ABB, potencia 630 kVA, relación de transformación 20/0,4 KV, grupo de conexión Dyn11.	ud	20.250,0	2,0	40.500,0
--	----	----------	-----	----------

**TOTAL** **40.500,0**

**TOTAL SERVICIOS AUXILIARES** **188.235,1**

## 5.6. CONTROL, MEDIDA, COMUNICACIÓN Y PROTECCIÓN

### CONTROL, MEDIDA, COMUNICACIÓN Y PROTECCIÓN

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC.UNT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>CONTROL</b>				
Armario de control marca ELECHO, material chapa de acero con acabado liso de color Beige RAL 1015, grado de protección IP 42, fabricado y ensayado según normas UNE-EN-60439-1.	ud	2.655,0	3,0	7.965,0
Unidad de automatización e interfase para mando, automatización y supervisión de los equipos de 220 Kv. Marca AREVA, modelo C264.	ud	8.700,0	1,0	8.700,0
Unidad de automatización e interfase para mando, automatización y supervisión de los servicios auxiliares de la subestación. Marca AREVA. Modelo C624. Además debe incorporar servicios de: Contra incendios Antiintrusismo Alumbrado	ud	6.500,0	1,0	6.500,0
Unidad de interfase hombre-máquina para funciones de operación: Marca AREVA, modelo PACIS. Fabricado y ensayado según normas IEC 60253-5.	ud	4.896,2	1,0	4.896,2
Unidades CPU y pantallas de plasma para el personal. Marca DELL, modelo AURIS.	ud	1.500,0	2,0	3.000,0
<b>TOTAL</b>				<b>31.061,2</b>

#### **MEDIDA**

Convertidor de medida marca AREVA, modelo 14M3-14CD, fabricado y ensayado según norma IEC 60253-5.	ud	2.900,8	50,0	145.040,0
--	----	---------	------	-----------

<b>TOTAL</b>				<b>145.040,0</b>
--------------	--	--	--	------------------

#### **COMUNICACIONES**

Armario con cuatro repartidores ópticos para la interconexión de las subestaciones. Marca AREVA, modelo C624. Material chapa de acero con acabado liso de color Beige RAL 1015. Fabricado y ensayado según normas UNE-EN 60439-1.	ud	3.621,5	1,0	3.621,5
---	----	---------	-----	---------

Armario repartidor óptico REE. Marca INTEKA, modelo C624. Material chapa de acero con acabado liso de color Beige RAL 1015. Fabricado y ensayado según normas UNE-EN 60439-1.	ud	4.600,4	1,0	4.600,4
---	----	---------	-----	---------

Router para la conexión de los ordenadores propios de la subestación.	ud	120,0	2,0	240,0
---	----	-------	-----	-------

Disposición de una red propia ethernet para el almacenamiento de datos y gestión de la subestación tanto para el personal propio como a distancia.	ud	1.300,0	1,0	1.300,0
--	----	---------	-----	---------

<b>TOTAL</b>				<b>9.761,9</b>
--------------	--	--	--	----------------

### PROTECCIONES

Armario de protección, marca ELECHO, material chapa de acero con acabado liso de color Beige RAL 1015, grado de protección IP 42, fabricado y ensayado según normas UNE-EN 60439-1.	ud	8.552,5	6,0	51.315,2
Osciloperturbógrafo, marca AREVA, modelo M8712491414X, con capacidad para 8 señales analógicas y 16 señales digitales, basado en la norma IEC 61850.	ud	1.200,0	6,0	7.200,0
Protección de fallo de interruptor, marca AREVA modelo P143318G3M0300J, que integra, entre otras las funciones de comprobación de sincronismo, la función de distancia, la función diferencial de línea y transformador, la función de mínima tensión y la función de sobreintensidad direccional instantáneo y temporizado.	ud	7.050,5	50,0	352.525,5
Protección de frecuencia, marca SIEMENS, modelo 7DS5227-5DE29.	ud	2.540,0	1,0	2.540,0
Protección diferencial de barra, marca AREVA, modelo P545318C3N0120B.	ud	6.251,0	1,0	6.251,0
Protección de parada o apertura con demora de tiempo, marca SIEMENS, modelo 7DS5002-5JE52.	ud	3.400,0	7,0	23.800,0
Equipo de reenganche, monopolar y tripolar en combinación con ambas protecciones de línea Marca SIEMENS, modelo 7DS5225-5DE29.	ud	1.600,0	4,0	6.400,0
Equipo de teledisparo según lo normalizado por REE. Marca DIMAT, modelo TPU-1/GW-LCD A.	ud	6.200,0	4,0	24.800,0
Conjunto de conexiones de fibra óptica y equipos necesarios para conectar los equipos anteriores con las cajas de empalme de fibra óptica.	m	110,0	25,0	2.750,0
GPS sincronización de subestaciones	ud	1.559,0	1,0	1.559,0
<b>TOTAL</b>				<b>479.140,7</b>
Montaje y accesorios	ud	3.400,0	1,0	3.400,0
<b>TOTAL CONTROL, MEDIDA, COMUNICACIÓN Y PROTECCIÓN</b>				<b>668.403,9</b>

## 5.7. SERVICIOS INGENIERÍA

### INGENIERÍA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRC.UNT(€)	CANTIDAD	PRECIO(€)
<b>DIRECCIÓN FACULTATIVA</b>				
Dedicación Jefe de Obra	Mes	4.902,65	11,0	53.929,15
Dedicación Supervisor de Obra Civil	Mes	4.200,20	4,0	16.800,80
Dedicación Supervisor de Seguridad y Salud	Mes	1.200,00	11,0	13.200,00
<b>TOTAL</b>				83.929,95
<b>ORGANISMOS OFICIALES</b>				
Se incluyen el total de las tasas impuestas por los Organismos Oficiales correspondientes.				90.000,00
<b>TOTAL</b>				90.000,00
<b>TOTAL INGENIERÍA</b>				<b>173.930,0</b>

## 5.8. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

### PRESUPUESTO S. Y S.

DESCRIPCIÓN	PRECIO(€)
<b>INSTALACIONES DE SALUD E HIGIENE</b>	
Este apartado incluye los siguientes elementos utilizados para la salud e higiene: Caseta destinada al aseo personal de los trabajadores con las correspondientes taquillas para los objetos personales. Termo eléctrico de 80 L.	
<b>TOTAL</b>	<b>7.984,54</b>
<b>PROTECCIONES INDIVIDUALES</b>	
En este apartado se incluyen los siguientes elementos utilizados como protección individual: Ropa adecuada al tipo de trabajo Casco protector Botas de seguridad e impermeables Trajes impermeables Mascarillas antipolvo con filtro recambiable Mascarillas filtrantes Cinturón antivibratorio(conductores de maquinaria) Guantes de goma o PVC Guantes de cuero Gafas protectoras	
<b>TOTAL</b>	<b>5.800,00</b>
<b>SEÑALIZACIÓN Y ACOTAMIENTO</b>	
En este apartado se incluyen los siguientes elementos utilizados para la señalización y acotamiento de las zonas de trabajo: Bandas de plástico de colores, rojo y blanco amarillo y negro. Señales reglamentarias para el aviso de prohibición de uso obligatorio de material de trabajo, y de advertencia o peligro.	
<b>TOTAL</b>	<b>2.797,67</b>
Reconocimiento médico de los trabajadores al inicio de las obras	4805,00
<b>TOTAL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>21.387,21</b>

## 5.9. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los precios dados sobre las celdas de 220 kV y 20 kV incluyen todos los equipos a instalar en ellas como transformadores de intensidad, transformadores de tensión, interruptores o seccionadores.

Como se puede apreciar en el gráfico siguiente, los costes más significativos son los referidos a las celdas de alta y media tensión. Aunque si se tiene en cuenta la relación entre cantidad de equipos y el precio de los mismos, los transformadores de potencia resultan ser el gasto más importante de la subestación, de ahí que se tendrá especial cuidado y dedicación a todo lo referente con este durante la vida útil de la subestación.





A continuación se muestra el presupuesto general, indicando las partes más significativas que lo forman y que anteriormente se han explicado más detalladamente.

## RESUMEN GENERAL PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)
<i>OBRA CIVIL</i>	<b>619.521,91</b>
<i>CELDA 220 KV</i>	<b>2.719.440,00</b>
<i>CELDA 20 KV Y BATERÍAS DE CONDENSADORES</i>	<b>1.834.098,30</b>
<i>TRANSFORMADORES DE POTENCIA</i>	<b>2.056.394,00</b>
<i>CABLES</i>	<b>704.617,44</b>
<i>SERVICIOS AUXILIARES</i>	<b>181.835,08</b>
<i>CONTROL, MEDIDA, COMUNICACIONES Y PROTECCIÓN</i>	<b>668.403,90</b>
<i>INGENIERÍA</i>	<b>173.930,00</b>
<i>ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD</i>	<b>21.387,21</b>
<b>TOTAL</b>	<b>8.979.627,84</b>

✚ Finalmente la cifra monetaria que supondría la elaboración del presente proyecto asciende a una cantidad de OCHO MILLONES NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS VEINTE Y SIETE CON OCHENTA Y CUATRO EUROS, (8.979.627,84 €).

## 6. PLIEGO DE CONDICIONES

# Índice Pliego de Condiciones

<b>6. PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>173</b>
6.1. CONDICIONES GENERALES	173
6.1.1. <i>General</i>	173
6.1.2. <i>Normativa técnica aplicable</i>	173
6.1.3. <i>Técnico director de obra</i>	175
6.1.4. <i>Constructor o instalador</i>	176
6.2. CONDICIONES DE CONTRATACIÓN	176
6.2.1. <i>Condiciones del contratista</i>	176
6.2.2. <i>Tipos de contratación. Revisión del contrato</i>	178
6.2.3. <i>Forma de pago</i>	179
6.2.4. <i>Plazo de ejecución</i>	180
6.2.5. <i>Obligaciones sociales y laborales</i>	180
6.2.6. <i>Seguridad y Salud</i>	182
6.2.7. <i>Suspensión de contrato</i>	183
6.2.8. <i>Terminación, recepción y liquidación</i>	183
6.2.9. <i>Legalización</i>	184
6.3. CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN	185
6.3.1. <i>Generalidades</i>	185
6.3.2. <i>Requisitos previos</i>	186
6.3.2.1. <i>Planificación de los trabajos</i>	186
6.3.2.2. <i>Planos de montaje</i>	186
6.3.2.3. <i>Cambios</i>	187
6.3.2.4. <i>Llegada a obra de equipos y materiales</i>	187
6.3.3. <i>Protección de equipos y materiales</i>	188
6.4. CONDICIONES DE LEGALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES	188
6.5. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES	189
6.5.1. <i>General</i>	189
6.5.2. <i>Aguas</i>	191
6.5.3. <i>Áridos para morteros y hormigones</i>	191
6.5.3.1. <i>Árido fino</i>	191
6.5.3.2. <i>Áridos grueso</i>	192
6.5.4. <i>Cementos utilizables</i>	193

6.5.5.	<i>Hormigones</i> .....	194
6.5.6.	<i>Aceros para armar</i> .....	195
6.5.7.	<i>Aceros Laminados</i> .....	195
6.6.	CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE TRABAJO .....	196
6.6.1.	<i>General</i> .....	196
6.6.2.	<i>Movimiento de tierras</i> .....	197
6.6.2.1.	Desbroce del terreno .....	197
6.6.2.2.	Escarificación y compactación del firme existente.....	197
6.6.2.3.	Excavaciones en vaciado .....	197
6.6.2.4.	Excavaciones en zanjas y pozos.....	198
6.6.2.5.	Terraplenes .....	198
6.6.3.	<i>Ingeniería</i> .....	198
6.6.4.	<i>Replanteo</i> .....	198
6.6.5.	<i>Cimentaciones</i> .....	199
6.6.6.	<i>Armaduras de hormigón</i> .....	200
6.6.7.	<i>Encofrados</i> .....	200
6.6.8.	<i>Estructura</i> .....	201
6.6.9.	<i>Cableado en MT</i> .....	202
6.6.10.	<i>Interconexión de los cuadros de control</i> .....	202
6.6.11.	<i>Conexión de los cuadros de control</i> .....	202
6.7.	CONTROL DE CALIDAD .....	203
6.7.1.	<i>Control de materiales</i> .....	203
6.7.2.	<i>Inspecciones y ensayos de fabricación y montaje</i> .....	204
6.7.3.	<i>Pruebas de suministro</i> .....	205
6.8.	SIMULTANEIDAD Y COORDINACIÓN ENTRE SUMINISTRADORES .....	205
6.9.	LISTADO ACTUACIONES ANUALES EN LA SUBESTACIÓN.....	206
6.9.1.	<i>Mantenimiento predictivo</i> .....	206
6.9.2.	<i>Mantenimiento preventivo</i> .....	206
6.9.2.1.	Seccionadores .....	206
6.9.2.2.	Interruptores de gas SF <sub>6</sub> . .....	207
6.9.2.3.	Celdas de 220 y 20 kV.....	207
6.9.2.4.	Transformadores de medida .....	208
6.9.2.5.	Transformadores de potencia .....	209
6.9.2.6.	Transformadores secos .....	210
6.9.2.7.	Sistemas de protección y control .....	210
6.9.2.8.	Reactancia de puesta a tierra .....	211
6.9.2.9.	Batería de C.C. ....	211

6.9.2.10. Estructuras .....	212
6.9.2.11. Redes subterráneas de M.T.....	212
6.9.2.12. Baterías de condensadores .....	212
6.9.2.13. Sistemas de tierra.....	213
6.9.2.14. Elementos de seguridad y PCI .....	213
6.9.2.15. Peligrosidad de la instalación y locales de ubicación .....	213

## 6. PLIEGO DE CONDICIONES

### 6.1. CONDICIONES GENERALES

#### 6.1.1. GENERAL

Este documento establece las condiciones bajo las cuales se deberá desarrollar la ejecución de la totalidad de las instalaciones que se describen en los distintos documentos del Proyecto.

Las condiciones a las que hace referencia este documento fijan las bases sobre normativa a cumplir, contratación de empresas instaladoras, ejecución de las obras, legalización de las instalaciones, terminación y recepción de las mismas, condiciones a cumplir por los equipos y materiales, especificaciones de montaje de los mismos y pruebas que deberán realizarse.

En cuanto a las instalaciones que comprende, el presente Pliego abarca las condiciones que deben cumplir todas las instalaciones descritas en el Proyecto.

#### 6.1.2. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

La ejecución del conjunto de las instalaciones descritas en el presente proyecto debe ser realizada de acuerdo con todas las reglamentaciones aplicables en vigor, ya sean de rango nacional, de la Comunidad Autónoma, de ámbito municipal y sectorial, en concreto con las siguientes:

- Código Técnico de la Edificación RD314/2006
- Normativa UNE de aplicación.
- Normativa aplicable de Seguridad y Salud.

- Reglamento de Instalaciones Industriales.
- Normativa de carácter sectorial
- Normativa de la Comunidad Autónoma de carácter local.
- Ordenanzas Municipales.
- Reglamentos e Instrucciones Técnicas específicas de cada instalación. Para todas las instalaciones serán siempre de aplicación el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología B.O.E. 18/09/2002).
- Recomendaciones y circulares de las Delegaciones de Industria que por la práctica se han demostrado vinculantes.
- Normas UNE.
- Normas DIN.
- Normas NTE.
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE
- Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado, EHPRE-72
- Recomendaciones prácticas para una buena protección del hormigón I.R.T, R.P.H
- Normas AENOR.
- Reglamento sobre condiciones técnicas de Subestaciones, Centrales y Centros de transformación.
- Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión, RLAT
- Reglamento de Seguridad e Higiene, RHS

La Normativa específica bajo la que se ha diseñado y calculado cada instalación se describe en el epígrafe correspondiente a Normativa Técnica Aplicable incluido en las Especificaciones de Equipos, Materiales y Montaje de cada una de las instalaciones del proyecto.

### 6.1.3. TÉCNICO DIRECTOR DE OBRA

De conformidad con la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999, de 5 de noviembre), corresponde al director de obra:

- Verificar el replanteo y comprobar la adecuación de la cimentación y de la estructuras proyectadas a las características geotécnicas del suelo (junto con el aparejador o arquitecto técnico director de ejecución de obra).
- Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra (junto con el aparejador o arquitecto técnico director de ejecución de obra), así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución arquitectónica.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Asesorar a la Propiedad en el acto de la recepción de la obra.



#### 6.1.4. CONSTRUCTOR O INSTALADOR

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

## 6.2. CONDICIONES DE CONTRATACIÓN

### 6.2.1. CONDICIONES DEL CONTRATISTA

La ejecución de las instalaciones podrá ser adjudicada a un solo contratista general, ya sea empresa constructora o instaladora, o bien a distintas empresas

instaladoras por separado. En cualquiera de los casos, las condiciones exigidas en el presente Pliego a cada empresa instaladora lo son tanto directamente como si las asume una empresa contratista general.

La empresa o empresas instaladoras que ejecuten las instalaciones descritas en el Proyecto deben disponer del equipo técnico y humano necesario para la correcta realización de los trabajos. La Dirección Facultativa o la Propiedad de la instalación podrán exigir a la empresa instaladora que acredite dichos medios en cualquier momento del proceso de contratación, ejecución, legalización o terminación de las instalaciones.

Las empresas instaladoras deben acreditar antes de su contratación su nº de registro industrial y el de su instalador autorizado. En este caso, además, debe acreditarse la pertenencia a la plantilla o vinculación contractual con la empresa instaladora.

Es de especial importancia que la empresa instaladora acredite el personal y los medios necesarios para la realización de las pruebas y ensayos requeridos para la puesta en marcha de las instalaciones.

La empresa o empresas instaladoras podrán subcontratar los servicios de otras siempre y cuando soliciten por escrito la aprobación de cada subcontratista a la Propiedad o a la Dirección Facultativa, y estos den su consentimiento también por escrito.

La ejecución de las instalaciones se efectuará por personal cualificado perteneciente a la plantilla dispuesta por el adjudicatario del contrato de ejecución de las instalaciones. La Dirección Facultativa, caso de llevarse a cabo, o la Propiedad en su caso, podrán rechazar aquel operario u operarios que por diversas circunstancias no lleven correctamente a cabo su cometido. Corre a cargo del adjudicatario la inmediata sustitución de dichas bajas o cualquier tipo de ausencias. La puesta al día y situación

legal de la plantilla no serán en ningún caso responsabilidad de la Propiedad ni de la Dirección Facultativa, siendo responsable de cualquier irregularidad y consecuencias posteriores únicamente la empresa instaladora.

La empresa instaladora debe disponer de un seguro de responsabilidad civil que cubre al menos el riesgo del presente proyecto. La presentación de la póliza de dicho justificando su cobertura, titularidad y periodo de vigencia se considerará condición imprescindible para la contratación de cada empresa instaladora.

Cada empresa instaladora deberá garantizar que el instalador autorizado que suscribe los boletines está amparado por la póliza del seguro de responsabilidad civil. Se admitirán pólizas independientes para empresa e instalador autorizado.

Será responsabilidad de la empresa instaladora usar los equipos y materiales adecuados y necesarios y ejecutar todo el trabajo de acuerdo con los detalles y normas de este proyecto.

### **6.2.2. TIPOS DE CONTRATACIÓN. REVISIÓN DEL CONTRATO**

Los trabajos de ejecución de las instalaciones podrán ser contratados bien por medición o bien a precio cerrado, debiéndose reflejar la modalidad en el contrato que se establezca entre la Propiedad y la empresa instaladora. En caso de no quedar la modalidad de contratación reflejada en contrato, se considerará como elegida la que se efectúa a precio cerrado.

Los trabajos se ejecutarán de acuerdo con las cantidades que figuran en el proyecto, en el documento Mediciones y Presupuesto, y con los precios unitarios que se establezcan en contrato o mediante aceptación de oferta.

Los precios indicados en dicho contrato u oferta aceptada serán fijos y no estarán sujetos a revisión ninguna, salvo indicación expresa en contrato. Si la empresa

instaladora considera que alguna partida debe ser variada, suprimida o añadida deberá solicitarlo a la Dirección Facultativa, quien tomará la decisión y contestará por escrito. Salvo indicación expresa en contrato, se considerarán incluidas entre las obligaciones de la empresa instaladora contratada, debiendo correr la misma con los costes correspondientes, cuestiones tales como el cartel identificador de las empresas y técnicos participantes en la obra, las casetas prefabricadas para oficinas y almacenes en los espacios destinados, el vestuario normalizado de los operarios, la elaboración del Plan de Seguridad y Salud, los medios de seguridad del personal y colectivos exigidos por el Estudio de Seguridad y Salud y el Plan de Seguridad y Salud, la limpieza general de los trabajos contratados, en cuanto a retirada de desperdicios, embalajes, etc, ejecutándolas de forma habitual y continuada, la descarga y el movimiento de materiales y equipos por la obra y los consumos de combustibles derivados de las pruebas y puesta en marcha de las instalaciones contratadas.

La empresa instaladora deberá revisar el proyecto e indicar en plazo definido en contrato aquellas modificaciones que considere necesarias para que se cumpla la normativa vigente o para el correcto funcionamiento de la instalación, y el presupuesto de dichas modificaciones. En caso de no fijarse en contrato, el plazo será de veinte días naturales desde la firma de contrato. Una vez vencido el plazo, la empresa instaladora asumirá dentro del precio contratado cuantas modificaciones sean necesarias para el cumplimiento de la normativa vigente o el correcto funcionamiento de la instalación.

### **6.2.3. FORMA DE PAGO**

Salvo indicación expresa en el contrato, los pagos se efectuarán mediante certificaciones de periodicidad mensual.

Las certificaciones deberán incluir todas las unidades de obra del contrato, su medición a origen, la diferencia con la certificación anterior, los precios unitarios y los precios totales.

#### **6.2.4. PLAZO DE EJECUCIÓN**

La Fecha de Inicio, los plazos parciales y final de la ejecución de las obras deben ser establecidos en contrato entre la Propiedad y la empresa instaladora.

La empresa instaladora debe aportar a la Propiedad un planning de ejecución de obras que sea aprobado por la Dirección Facultativa.

La ejecución de las obras deberá ajustarse a los plazos parciales establecidos con la Dirección Facultativa en dicho planning.

La variación de las fechas de Inicio y Terminación deberá establecerse por escrito, de común acuerdo entre las partes participantes en la obra.

#### **6.2.5. OBLIGACIONES SOCIALES Y LABORALES**

La empresa instaladora que efectúe la ejecución de las instalaciones objeto del Proyecto estará obligada al cumplimiento de las disposiciones en vigor o que pudieran publicarse durante la vigencia de las obras, en materia Laboral, Fiscal, de Seguridad Social y de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con la Reglamentación, Convenio o Norma que le sea aplicable, teniendo a todo el personal que participe en los trabajos objeto de este Proyecto, afiliado a la Seguridad Social y amparado bajo póliza de Seguro de Accidentes de Trabajo.

La empresa instaladora deberá poner a disposición de la Propiedad previamente al comienzo de los trabajos los siguientes documentos:

- Licencia Fiscal del Impuesto Industrial.
- Alta de la Empresa en la Seguridad Social
- Copia de la Inscripción de la empresa en el Registro Mercantil.

- Documento de Calificación Empresarial.
- Partes de alta en la Seguridad Social de los trabajadores que van a prestar sus servicios en la obra.
- Boletín de cotización a la Seguridad Social y relación nominal de trabajadores de la última cotización.
- Libro de matrícula de la empresa.
- Contratos de trabajo.
- Póliza de seguros que cubra las indemnizaciones por fallecimiento o invalidez, determinadas en el convenio colectivo y póliza del seguro de Responsabilidad Civil.
- Certificación negativa de descubiertos en la Seguridad Social.

A tal fin, la empresa instaladora deberá justificar mensualmente a la Propiedad el cumplimiento de lo antedicho, mediante la presentación de las liquidaciones mensuales de seguros sociales debidamente compulsadas por entidad bancaria y recibos de salarios abonados a los trabajadores.

Si como resultado de la preceptiva consulta a la Entidad Gestora de la Seguridad Social, según el Artº 42, num. 1 del Estatuto de los trabajadores, resultasen descubiertos de la empresa instaladora con ésta, de cuotas atrasadas, la Propiedad queda facultada para la rescisión del contrato, así como a disponer de las retenciones y pagos pendientes de liquidación, para hacer frente a las reclamaciones que en un futuro, pudiera efectuar la Seguridad Social a la Propiedad de los trabajos.

La empresa instaladora no podrá ceder ni subcontratar los trabajos o parte de ellos a terceros, sin permiso escrito de la Propiedad y de la Dirección Facultativa. En caso de existir dicha autorización la empresa instaladora estará obligado a recabar y presentar a la Propiedad toda la documentación de terceras personas o empresas, exigible de carácter laboral o fiscal como si de él mismo se tratase. La empresa instaladora se hace responsable solidario de los perjuicios y reclamaciones que los Organismos Oficiales pudieran reclamar con relación al personal subcontratado.

La empresa instaladora responderá especialmente de las infracciones cometidas por su personal en materia de seguridad y salud y tomará cuantas medidas sean precisas, además de las obligadas, a fin de garantizar la máxima seguridad de sus operarios y resto del personal.

La empresa instaladora y su personal cumplirán estricta y puntualmente cuantas órdenes e instrucciones les sean dadas por el personal autorizado de la Propiedad en materia de horarios, normas de trabajo y disciplina interna establecida en la obra.

Asimismo la Propiedad y sus representantes se reservan el derecho a recusar al personal de la empresa instaladora, de cualquier categoría, que por su ineptitud, negligencia, indisciplina o falta de rendimiento, pueda comprometer la seguridad, celeridad, ritmo de las obras o las relaciones con la Propiedad o la Dirección Facultativa.

#### **6.2.6. SEGURIDAD Y SALUD**

La empresa instaladora que ejecute los trabajos de las instalaciones descritas en el presente Proyecto estará obligada a cumplir todas las disposiciones locales sobre Seguridad y Salud y demás disposiciones que puedan afectar por la índole de los trabajos, siendo responsable de la puesta en práctica de las mismas, así como de las consecuencias que se derivasen de su incumplimiento, tanto en lo que se refiere a su propio personal como al de los colaboradores que eventualmente contrate.

Los empleados de la empresa instaladora que incumplan las Normas sobre Seguridad y Salud, o que no estén dispuestos a cumplirlas, o que muestren actitudes negativas hacia ellas, podrán ser sustituidos y no volver a trabajar en la obra salvo previa autorización expresa de la Dirección Facultativa.

Cualquier infracción en materia de Seguridad y Salud podrá dar lugar a la paralización del trabajo hasta que sean corregidas las deficiencias y pueda reanudarse en

las debidas condiciones de seguridad e higiene, sin que la Propiedad acepte ninguna reclamación de la empresa instaladora por pérdidas de tiempo debidas a interrupciones del trabajo por incumplimiento de las normas de seguridad. Asimismo, no se aceptarán retrasos por esta causa en los plazos de ejecución de los trabajos ni encarecimiento de los precios contratados.

Los equipos de protección individual usados por los empleados de la empresa instaladora deberán ser de los tipos homologados por la Dirección General de Trabajo, siendo responsable de la adecuada disposición y uso, siempre que sea precisa su utilización por la totalidad de sus empleados.

La empresa instaladora será plenamente responsable de la adecuada instalación, conservación y correcto uso de los cuadros eléctricos que sitúe en los lugares de trabajo.

#### **6.2.7. SUSPENSIÓN DE CONTRATO**

La empresa instaladora que ejecute las instalaciones descritas en el presente Proyecto podrá ser obligada a la paralización y abandono de las obras ante la falta de capacidad técnica o laboral observada, documentada y justificada durante la ejecución de los trabajos contratados.

#### **6.2.8. TERMINACIÓN, RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN**

La empresa instaladora deberá incluir en el planning de ejecución de las obras, y una vez ejecutadas estas, el tiempo necesario para la recepción provisional de las instalaciones.

La empresa instaladora deberá acreditar la existencia de un equipo de Puesta en Marcha con formación, experiencia y medios suficientes para realizar las pruebas necesarias en las distintas instalaciones. La Dirección Facultativa deberá aprobar la idoneidad de dicho equipo.



Será responsabilidad de la empresa instaladora el disponer en obra de los medios adecuados para realizar todas aquellas pruebas que le soliciten tanto la Dirección Facultativa como las Entidades de Inspección y Control de Instalaciones.

El Acta de Recepción Provisional marca el comienzo del período de garantía. Esta garantía comprende la reparación de cuantos defectos de ejecución se comprueben, por la Dirección Facultativa, en la recepción provisional y los que aparezcan en el plazo de garantía. También la reparación de aquellos otros defectos, que sin aparecer en la obra contratada por la empresa instaladora, se encontrasen en otros elementos del edificio por defectos en la obra realizada por ésta. Comprende también la reparación o subsanación de defectos en elementos subcontratados por la empresa instaladora.

El plazo de garantía será de un año a partir de la fecha de recepción provisional salvo indicación de otro plazo en contrato; en ese momento se levantará acta para, en su caso, producirse la recepción definitiva y la devolución, también en su caso, de la retención practicada con el mismo vencimiento que para el pago de certificaciones.

Si por cualquier incumplimiento de la empresa instaladora, no se realizase la recepción definitiva al cabo de un año, la empresa instaladora seguirá respondiendo sobre la garantía de equipos y montaje, hasta que pueda realizarse la recepción definitiva.

El plazo de garantía no perjudicará en modo alguno la responsabilidad civil de la empresa instaladora y técnicos, previstas en la normativa vigente.

#### **6.2.9. LEGALIZACIÓN**

La empresa instaladora deberá asumir la responsabilidad de colaborar con la Dirección Facultativa aportando todos los trabajos y documentos que sean responsabilidad de la propia empresa instaladora necesarios para que quien se haya

fijado en contrato legalice las instalaciones contratadas ante los organismos competentes.

En concreto, es responsabilidad de la empresa instaladora el disponer en obra de los medios adecuados para realizar todas aquellas pruebas que le soliciten tanto la Dirección Facultativa como las Entidades de Inspección y Control de Instalaciones.

Una vez acabados los trabajos contratados no se considerarán contractualmente cumplidos hasta que, tramitada por la empresa instaladora toda la documentación necesaria para su aprobación que sea su responsabilidad, por el Organismo Administrativo correspondiente, se obtengan y entreguen a la Propiedad las correspondientes autorizaciones de funcionamiento de la Instalación, incluyendo las municipales.

## **6.3. CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN**

### **6.3.1. GENERALIDADES**

Todos los trabajos relativos a la ejecución de las instalaciones contenidas en este proyecto se realizarán en general cumpliendo la normativa vigente, aplicando las técnicas adecuadas, de acuerdo con la documentación técnica de referencia y particularmente con las normas de prácticas recomendadas por los fabricantes de equipos y materiales utilizados.

Los planos y las especificaciones técnicas de este proyecto marcan en particular las bases que se deberán seguir en la realización de cada instalación. En caso de discrepancia, las especificaciones regirán con preferencia a los planos.

El instalador antes de iniciar la realización de la instalación, deberá confrontar los planos y especificaciones, e informar con urgencia a la Dirección Facultativa sobre cualquier contradicción que hubiera hallado.

El instalador deberá realizar la instalación conforme a la normativa vigente, comprobando antes de empezar la obra que el proyecto cumple con dicha normativa, o informando a la Dirección Facultativa de las posibles discrepancias.

No se considerará como válida ninguna comunicación que se formule verbalmente. En el caso de que el instalador no manifieste circunstancia alguna, se entiende que acepta totalmente el proyecto, y en base al mismo, realizará los planos de montaje y la propia instalación.

### **6.3.2. REQUISITOS PREVIOS**

#### **6.3.2.1. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS**

La empresa contratista o las empresas instaladoras presentarán antes del comienzo de las obras un planning de ejecución de todos los trabajos, que deberá ser aprobado por la Propiedad y la Dirección Facultativa.

#### **6.3.2.2. PLANOS DE MONTAJE**

Cuando sea necesario para la ejecución de alguna parte de cualquier instalación, o cuando sea solicitado por la Dirección Facultativa, el instalador deberá presentar para su comprobación y aprobación por la esta última planos constructivos y de montaje, con los detalles necesarios, como complemento a los de este proyecto.

Cualquier trabajo ejecutado sin la citada aprobación será por cuenta y riesgo del instalador, pudiendo ser obligado a desmontarlo si la Dirección Facultativa lo considerase necesario.

Los planos de montaje se realizarán en base a la documentación del proyecto y considerando las modificaciones que hubiere durante la realización, aprobadas por la Dirección Facultativa.

Será imprescindible la presentación de planos de montaje por parte del instalador de los cuartos de instalaciones, salas de máquinas y salas de calderas.

#### 6.3.2.3. CAMBIOS

La empresa instaladora deberá solicitar por escrito a la Dirección Facultativa aprobación para cualquier cambio de material, marca o modelo de equipo o variación en suministro o ejecución con respecto al proyecto, justificando técnicamente la solución propuesta, con especial atención a cálculos, disponibilidad de espacio, nivel sonoro y en general todos aquellos aspectos que puedan tener incidencia en la decisión a tomar.

La Dirección Facultativa contestará por escrito a cualquier solicitud debidamente justificada, no pudiendo la empresa instaladora acometer el cambio sin dicha aprobación.

#### 6.3.2.4. LLEGADA A OBRA DE EQUIPOS Y MATERIALES

En el momento de la llegada a obra de cualquier material o equipo la empresa instaladora deberá informar a la Dirección Facultativa del hecho, y esta última tendrá la responsabilidad de comprobar que los equipos o materiales se corresponden con los especificados en proyecto.

Para ello la empresa contratista elaborará antes del comienzo de las obras un listado con todos los equipos y materiales que componen cada instalación, y que servirá de base para el control de su correspondencia con las especificaciones de proyecto a medida que lleguen a la obra.

La Propiedad y la Dirección Facultativa podrán ordenar el desmontaje de cualquier equipo o material distinto a los especificados cuyo cambio no haya sido aprobado por escrito por la Dirección Facultativa.

### **6.3.3. PROTECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES**

Durante la ejecución, el instalador deberá cuidar de los equipos y materiales protegiéndolos contra el agua, polvo y golpes según sea el tipo de material. Todos los extremos de tuberías, conductos o cualquier otro tipo de material que estén abiertos se protegerán con tapones el tiempo necesario. El instalador comprobará rigurosamente, antes de cerrar los diferentes tramos de estas conducciones, que no quede en su interior ningún objeto o restos de materiales que puedan interferir posteriormente en su funcionamiento. De ocurrir así, el instalador deberá subsanar por su cuenta los daños ocasionados.

Será responsabilidad del instalador la limpieza de todos los materiales y mantener los mismos en buena presencia hasta la terminación y entrega de la instalación, así como de situarlos en lugares permitidos por la Propiedad.

También será responsabilidad de la empresa instaladora establecer los adecuados mecanismos de protección para las personas contra accidentes que puedan ocasionar los equipos y materiales almacenados o instalados.

## **6.4. CONDICIONES DE LEGALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES**

Es responsabilidad de la Propiedad llevar a cabo las acciones necesarias para que las instalaciones incluidas en el presente proyecto se legalicen conforme a la normativa vigente. Ello incluye la contratación de las empresas y técnicos adecuados y necesarios para que todas las gestiones orientadas a la legalización de las instalaciones se efectúen

en forma y plazo, y para que los distintos participantes en el proyecto y en la obra asuman las responsabilidades que la normativa vigente estipula.

Las empresas o técnicos designados por la Propiedad deberán presentar en la Delegación de Industria correspondiente al lugar de ubicación del proyecto, en los plazos que fije la normativa de la Comunidad Autónoma correspondiente, los Proyectos de Legalización específicos de cada instalación.

Los técnicos autores de cada proyecto son los responsables de que el diseño de las instalaciones se encuentre de acuerdo con la normativa vigente.

La Dirección Facultativa de las instalaciones es la responsable de que estas se efectúen de acuerdo con la normativa vigente. También es la responsable de informar a la Propiedad de todos los trámites relativos a cumplir con la normativa específica de cada instalación y de coordinar las acciones necesarias para llevar a cabo dichos trámites.

La empresa instaladora deberá disponer en obra de los medios adecuados para realizar todas aquellas pruebas que le soliciten tanto la Dirección Facultativa como las Entidades de Inspección y Control de Instalaciones. También es su responsabilidad la elaboración de los planos “as built” de las instalaciones en los plazos que marque la Dirección Facultativa.

## 6.5. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

### 6.5.1. GENERAL

Los materiales y equipos objeto del presente documento, deberán cumplir las condiciones que sobre ellos disponga la presente Especificación Técnica. Asimismo sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que

tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del presente documento de especificaciones técnicas. Sirvan como referencia las siguientes:

- Normas UNE.
- Normas DIN.
- Normas NTE.
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE
- Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado, EHPRE-72
- Recomendaciones prácticas para una buena protección del hormigón I.R.T, R.P.H
- Normas AENOR.
- Reglamento sobre condiciones técnicas de Subestaciones, Centrales y Centros de transformación.
- Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión, RLAT
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, REBT
- Reglamento de Seguridad e Higiene, RHS

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica, que avalen sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Por parte del Suministrador debe existir obligación de comunicar a los suministradores las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos, sea solicitado informe sobre ellos a la Dirección Facultativa y al Organismo encargado del Control de Calidad.

El Suministrador será responsable del empleo de materiales que cumplan con las condiciones exigidas. Siendo estas condiciones independientes, con respecto al nivel de control de calidad para aceptación de los mismos que se establece en el apartado de Especificaciones de Control de Calidad. Aquellos materiales que no cumplan con las condiciones exigidas, deberán ser sustituidos, sea cual fuese la fase en que se encontrase la ejecución de la obra, corriendo el Suministrador con todos los gastos que ello

ocasionase. En el supuesto de que por circunstancias diversas tal sustitución resultase inconveniente, a juicio de la Dirección Facultativa, se actuará sobre la devaluación económica del material en cuestión, con el criterio que marque la Dirección Facultativa y sin que el Suministrador pueda plantear reclamación alguna.

### **6.5.2. AGUAS**

Aquellas que se empleen para la confección de hormigones en estructura cumplirán las condiciones que se exigen en la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE).

### **6.5.3. ÁRIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES**

Cumplirán con las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE. Los áridos a emplear en morteros y hormigones se obtendrán por selección y clasificación de materiales naturales o procedentes de machaqueo, o una mezcla de ambos. Cuando haya mezcla de ambos será necesario la aprobación de la Dirección de Obra.

Los áridos estarán compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y de calidad uniforme. Su forma será redondeada o cúbica y contendrá menos del quince (15) por ciento de partículas planas, delgadas o alargadas; se definen estas últimas como aquellas partículas que tiene su máxima dimensión cuatro veces mayor que la mínima.

Los tamaños de los áridos a utilizar serán los siguientes:

#### **6.5.3.1. ÁRIDO FINO**

Se define como árido fino para morteros y hormigones como el material granular que pasa por el tamiz de 5 mm. de luz (tamiz 5, UNE 7050). Su granulometría será continua y deberá estar comprendida en el huso granulométrico siguiente:



Árido fino para hormigones:

<i>Luz del tamiz (mm)</i>	<i>Cernido ponderal acumulado (%)</i>
10	100
5	95-100
2,5	80-100
1,25	50-85
0,63	25-60
0,320	10-30
0,160	2-10
0,08	0-5

En caso de dosificaciones cuyo contenido en cemento sea superior a 250/300 kg/m<sup>3</sup>, los porcentajes de cernido por los tamices 0,320 y 0,160 pueden reducirse a 5 y 0, respectivamente.

Árido fino para morteros:

<i>Luz del tamiz (mm)</i>	<i>Cernido ponderal acumulado (%)</i>
5	100
2,5	95-100
0,160	25 máx.
0,080	10 máx.

En general, deberán cumplir las prescripciones recogidas en la EHE.

#### 6.5.3.2. ÁRIDOS GRUESO

Se define como árido grueso para hormigones la fracción de árido mineral de la que queda retenida en el tamiz de 5 mm. de luz (UNE 7050) un mínimo del setenta (70%) por ciento en peso.

Los áridos gruesos deberán cumplir las siguientes limitaciones granulométricas. Los áridos gruesos también son conocidos como gravas.

Los áridos gruesos deberán cumplir las siguientes limitaciones granulométricas.

Tamaño I: dimensión máxima 37,5 mm:

<i>Luz del tamiz (mm)</i>	<i>Cernido ponderal acumulado (%)</i>
50	100
40	95-100
20	35-70
10	10-30
5	0-5

Tamaño II: dimensión máxima 19 mm:

<i>Luz del tamiz (mm)</i>	<i>Cernido ponderal acumulado (%)</i>
25	100
20	90-100
10	20-55
5	0-10
2,5	0-5

En general, deberán cumplir las prescripciones recogidas en la EHE.

#### **6.5.4. CEMENTOS UTILIZABLES**

Cumplirán con las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE. Se utilizará cualquiera de los cementos Portland de Fraguado lento. En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico

### 6.5.5. HORMIGONES

Se definen como hormigones los materiales formados por mezclas de cemento, agua, árido fino y áridos gruesos, que al fraguar y endurecer adquieren una notable resistencia.

Los hormigones se ajustarán totalmente a las dosificaciones siguientes:

- HORMIGÓN kg/cm<sup>2</sup>
  - Limpieza 150
  - Cimientos 250

Su docilidad será la necesaria para que no puedan quedar coqueas en la masa del hormigón sin perjuicio de su resistencia.

El tamaño del árido a utilizar se definirá en función de la separación de armaduras o de las dimensiones de las piezas a hormigonar.

La consistencia de los hormigones será tal que el descenso medio en cono de Abrams será siempre inferior a ochenta milímetros.

Durante la ejecución de la obra se sacarán probetas de la misma masa de hormigón que se emplee de acuerdo con las condiciones del control de calidad previsto, observándose en su confección análogas características de apisonado y curado que en la obra. Dichas probetas se romperán a los siete y veintiocho días de su fabricación, siendo válidos los resultados de este último plazo a los efectos de aceptación de la resistencia.

Si las cargas medias de rotura fueran inferiores a las previstas podrá ser rechazada la parte de obra correspondiente, salvo en el caso de que las probetas sacadas directamente de la misma obra den una resistencia superior a la de las probetas de ensayo. Si la obra viene a ser considerada defectuosa, vendrá obligado el Suministrador a demoler la parte de la obra que se le indique por parte de la Dirección Facultativa,

rechazándola a su costa y sin que ello sea motivo para prorrogar el plazo de ejecución. Todos estos gastos de ensayos, ejecución y rotura de probetas serán por cuenta del Suministrador.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón se precisa mantener su humedad, mediante el curado, que se realizará durante un plazo mínimo de siete días, durante los cuales se mantendrán húmedas las superficies del hormigón, regándolas directamente, o después de abrirlas con un material como arpillera, etc. que mantenga la humedad y evite la evaporación rápida.

Los hormigones que se empleen en esta obra tendrán las características que se indican, y cumplirán las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

#### **6.5.6. ACEROS PARA ARMAR**

El acero para las armaduras de piezas de hormigón será corrugado de primera calidad, fibroso, sin grietas ni pajas, flexibles en frío y en modo alguno agrio o quebradizo. Tanto las barras y alambres como las piezas férricas, no presentarán en ningún punto de su sección estricciones superiores al 2,5%.

Aquellos que sean empleados en elementos estructurales de hormigón armado deberán cumplir las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

#### **6.5.7. ACEROS LAMINADOS**

Los perfiles laminados y todas sus piezas auxiliares de empalme o acoplamiento, se ajustarán a las prescripciones contenidas en las normas:

- MV-102 “Acero laminado para estructuras de edificación”
- MV-103 “Cálculo de las estructuras de acero laminado en la edificación”

- MV-104 “Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación”
- MV-106 “Tornillos ordinarios y calibrados para estructuras de acero”
- MV-107 “Tornillos de alta resistencia para estructuras de acero”

Las condiciones de trabajo mínimas de los perfiles laminados serán:

- Acero tipo: A-42b. de fabricación nacional
- Límite elástico: 2.600 kg./cm<sup>2</sup>.
- Tensión máxima admisible de trabajo: 1.730 kg./cm<sup>2</sup>.

## 6.6. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE TRABAJO

Dichas condiciones se refieren a las condiciones técnicas mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de la infraestructura eléctricas correspondientes a la subestación de transformación.

### 6.6.1. GENERAL

Con carácter general y para todo el alcance del suministro se actuará para conseguir lo siguiente:

- Montaje según los últimos progresos técnicos.
- Construcción de las cimentaciones, bancada del trafo, viales y el edificio de la subestación 220/20 kV
- Materiales de calidad apropiada.
- Facilidades para las tareas de desmontaje, limpieza, ajuste y puesta a punto de los equipos.
- Intercambiabilidad de los equipos instalados con los repuestos correspondientes.

Por parte del Suministrador deberá ponerse especial cuidado en la vigilancia y control de la correcta ejecución de las distintas unidades del Proyecto, con el fin de que la calidad se atenga a las especificaciones que sobre ellas se prevenga en las distintas Normas.

### **6.6.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Se incluyen en este apartado tanto las operaciones necesarias para las excavaciones en el terreno así como los rellenos necesarios para lograr las cotas de cimentación deseadas.

#### **6.6.2.1. DESBROCE DEL TERRENO**

Consistirá en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable a juicio del Director de las obras. Se eliminará en toda la superficie la primera capa vegetal

#### **6.6.2.2. ESCARIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL FIRME EXISTENTE**

Consiste en la disgregación del firme existente, efectuada por medios mecánicos, eventual retirada o adición de materiales y posterior compactación de la capa así obtenida.

#### **6.6.2.3. EXCAVACIONES EN VACÍADO**

Si se produjesen excesos de excavación se rellenarán con el material que se disponga preferentemente el sobrante. En caso de falta de excavación el Contratista será el responsable.

#### 6.6.2.4. EXCAVACIONES EN ZANJAS Y POZOS

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para abrir zanjaz y pozos. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, entibación, posibles agotamientos, nivelación y evacuación del terreno, y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

#### 6.6.2.5. TERRAPLENES

Este procedimiento incluye los siguientes trabajos:

- Preparación de la superficie de asiento
- Extensión, desecación o humectación de las tongadas (de acuerdo a lo necesario)
- Compactación de cada tongada
- Refinado de los taludes y coronación

### 6.6.3. INGENIERÍA

Se realizará todo el proyecto de ingeniería básica y de detalle necesaria para la fabricación, suministro, construcción, montaje, supervisión del montaje y puesta en servicio de la subestación.

#### 6.6.4. REPLANTEO

El suministrador designará un técnico responsable que actúe como representante. Dicho técnico efectuará los replanteos generales y parciales necesarios previos al inicio de los trabajos o los que puedan surgir durante la ejecución de los mismos.

Cualquier variación con respecto al proyecto se recogerá por escrito. Los replanteos, trazados, nivelaciones y demás obras previas, se efectuarán por el

Suministrador de acuerdo con los datos del proyecto, planos, medidas, datos u órdenes que se faciliten, realizando el mismo, con el máximo cuidado, de forma que no se admitirán errores mayores de 1/500 de las dimensiones genéricas.

La Dirección Facultativa controlará todos estos trabajos a través de Director de obra o persona indicada al efecto, si bien, en cualquier caso, el Suministrador será totalmente responsable de la exacta ejecución del replanteo, nivelación, etc...

El Suministrador proporcionará personal y medios auxiliares necesarios para estos operarios, siendo responsable por las modificaciones o errores que resulten por la desaparición de estacas, señales o elementos esenciales establecidos.

Todas las medidas que sean necesarias para realizar la obra están consignadas en los planos. Las indefiniciones o contradicciones, si las hubiere, serán resueltas por la Dirección de Obra.

A la recepción de los planos constructivos y antes de iniciar cualquier trabajo de construcción, el Suministrador deberá realizar comprobaciones dimensionales de las partes detalladas en los planos del proyecto, y si encontrase algún error o contradicción en la información recibida, comunicarlo inmediatamente a la Dirección de Obra. En caso de no hacerlo así, el Suministrador será responsable de los errores que hubieran podido evitarse.

#### **6.6.5. CIMENTACIONES**

Como norma general, la cimentación correspondiente a los elementos de intemperie se resolverá con zapatas aisladas de hormigón armado. En líneas generales su realización se llevará a cabo en dos fases.



En la primera de ellas se excavará, se encofrará y se hormigonará hasta la cota de acabado, dejando embebidos los pernos de anclaje, a los que se atornillarán los soportes metálicos de los diferentes aparatos.

También en esta primera fase, y en aquellas cimentaciones que así lo requieran, se dejarán instalados los tubos previstos para el paso de cables eléctricos y del cable de puesta a tierra.

En la segunda fase de hormigonado, se alcanzará la cota de coronación y se realizará el acabado en forma de punta de diamante.

Una vez efectuadas las cimentaciones se realizará el relleno de la sobre excavación mediante suelo adecuado, extendidas y compactadas hasta alcanzar el 90% del ensayo del Próctor Modificado (P.M.). La profundidad de las cimentaciones dependerá de las características del suelo.

#### **6.6.6. ARMADURAS DE HORMIGÓN**

- Serán barras corrugadas de tipo AEH 400-N.
- Las barras se doblarán en frío.
- Las barras utilizadas estarán limpias de materia extraña u óxido no adherente.
- Antes de proceder al hormigonado, se comprobará la colocación y calibre de las barras así como su separación de los paramentos del encofrado.
- Las barras deberán estar perfectamente sujetas para soportar los efectos del vertido, peso y vibrado del hormigón pero nunca soldadas

#### **6.6.7. ENCOFRADOS**

La unión entre las distintas piezas del encofrado se realizará de manera que no exista ninguna fisura de la lechada de cemento del hormigón que han de encerrar.

Los encofrados soportarán sin deformarse, el peso del hormigón junto con los efectos provocados por las vibraciones así como el impacto accidental de canaletas, cubetas, vibradores, etc.

La superficie de contacto de los encofrados del hormigón visto será de madera o metálica por lo general.

Los encofrados se cubrirán antes de colocar la armadura con un producto desencofrante que será compatible con la terminación definitiva de la superficie.

#### **6.6.8. ESTRUCTURA**

La tornillería de fijación y unión de las diferentes partes de las estructuras será de acero inoxidable con objeto de evitar los efectos de la corrosión por oxidación.

Las soldaduras, taladrados y punzonados necesarios se realizarán en taller.

Todas las estructuras deberán estar protegidas contra la corrosión mediante galvanizado por inmersión en caliente. Se podrán exigir la realización de controles por Rayos X, ultrasonidos, etc. para la comprobación de la buena ejecución de los trabajos de montaje.

La estructura metálica cumplirá con todas las normas en vigor, en cuanto a valoración de cargas, esfuerzos, coeficientes de seguridad, colocación de elementos estructurales y ensayos. Cumplirán las condiciones que se exigen en las Instrucciones EHE.

No obstante, se incluyen una serie de condiciones de ejecución que habrán de verificarse en la elaboración, colocación y construcción definitiva de la misma.

#### **6.6.9. CABLEADO EN MT**

- Se conectarán a tierra las pantallas metálicas de los cables aislados de MT en los dos extremos.
- Se respetarán con un margen de seguridad los radios de curvatura recomendados por el fabricante del conductor.

#### **6.6.10. INTERCONEXIÓN DE LOS CUADROS DE CONTROL**

En el cableado de control mediante conductores aislados se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los cables entrarán al cuadro de control por la parte inferior.
- Se evitarán recorridos de cables que impidan la apertura de regletas, la extracción de equipos o labores de mantenimiento del cuadro.
- La sección de los conductores viene determinada por las caídas de tensión admisibles dependiendo de la naturaleza del circuito:
- Circuitos de tensiones, caída de tensión admisible 1% para protección y 0,5% para medida, con una sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>. Cable apantallado.
- Circuitos de intensidades, con una sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>. Cable apantallado.
- Circuitos de mando y señalización, caída de tensión admisible del 3%. Cable apantallado.
- Circuitos de alimentación auxiliar en alterna, caída de tensión admisible del 5%.
- Circuitos de tensión e intensidad para RPM con una sección mínima de 6 mm<sup>2</sup>.

#### **6.6.11. CONEXIONADO DE LOS CUADROS DE CONTROL**

- En el cuadro de control correspondiente, se dispondrán regletas terminales para llegada de todos los cables multipolares provenientes del exterior del cuadro.

- No se conectarán más de dos conductores a una misma borna o a un terminal de aparato.
- En el lado de la salida de la regleta al exterior únicamente se permite un conductor por borna.
- Cada punta del cable dispondrá del terminal correspondiente adecuado a su sección.
- En cada punta de cada cable se instalará un identificador con el número de borna del equipo o regleta al que va conectado.
- Para los cuadros de medida para facturación, se dispondrá de regletas precintables, seccionables y cortocircuitables para intensidades y seccionables para tensiones.
- La disposición de las regletas de bornas será vertical, y las llegadas de los conductores de campo se efectúa por la derecha de la regleta, mientras que el cableado hacia el interior del cuadro de control se realizará por la izquierda.
- Todos los componentes de los cuadros de control han de ser de primeras marcas (ABB, MERLIN GUERIN, SIEMENS).
- Se identificarán mediante rótulos indelebiles todos los instrumentos y aparatos integrantes de los cuadros.

## 6.7. CONTROL DE CALIDAD

### 6.7.1. CONTROL DE MATERIALES

Por cuenta y cargo del Suministrador, y a través de un Laboratorio de Control de Calidad con homologación reconocida, se efectuarán los ensayos correspondientes al control de calidad de la ampliación, consistentes como mínimo en lo siguiente:

- 12 Ensayos de control de compactación del terreno
- Bancada del transformador (en cada una)
- Hormigón: 4 Probetas consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28.
- Cimentaciones edificio
- Hormigón: 4 Probetas consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28.

- Acero: Tensiones de paso y contacto

El Suministrador deberá facilitar, a su cargo, al Laboratorio de Control designado las muestras de los distintos materiales necesarios para la realización de los ensayos que se relacionan, así como aquellos otros que estimase oportuno ordenar la Dirección Facultativa.

Con el fin de que la realización de los ensayos no suponga obstáculo alguno en la buena marcha de la obra, las distintas muestras de materiales se entregarán con antelación suficiente, y que como mínimo será de 15 días más el propio tiempo de realización del ensayo.

El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fijadas para los controles de calidad que se establezcan conducirá al rechazo del material en la situación en que se encuentra, ya sea en almacén, bien acopiado en la obra, o colocado, siendo por cuenta del Suministrador los gastos que ocasionase su sustitución. En este caso, el Suministrador tendrá derecho a realizar a su cargo un contraensayo, que designará el Director de Obra, y de acuerdo con las instrucciones que al efecto se dicten por el mismo.

Todos los cargos derivados del control de calidad correrán por cuenta del Suministrador.

#### **6.7.2. INSPECCIONES Y ENSAYOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE**

En general se realizarán de acuerdo a la normativa vigente, correspondiente al equipo en cuestión y adicionalmente los siguientes:

- Ensayos dieléctricos.
- Verificación de la continuidad de los circuitos.
- Inspección general del cuadro.

- Ensayo funcional.
- Comprobación del cableado.

### **6.7.3. PRUEBAS DE SUMINISTRO**

Una vez completada la fase de montaje, se efectuarán las siguientes pruebas:

- Rigidez dieléctrica.
- Medida de tensiones de paso y contacto.
- Comprobación del cableado.
- Aplicación de tensión auxiliar.
- Inyección de tensiones e intensidades secundarias en el cuadro y en la caja de formación de tensiones e intensidades.
- Presencia en el ensayo de protecciones a realizar por la Dirección de Obra.
- Pruebas funcionales, verificando contactos auxiliares, finales de carrera, alarmas, etc., de la aparamenta.

## **6.8. SIMULTANEIDAD Y COORDINACIÓN ENTRE SUMINISTRADORES**

Dado que en la obra actuarán varios Suministradores al mismo tiempo, se exige una coordinación de ciertos trabajos, a tener en cuenta, entre los cuales se encuentran:

- Suministro y montaje de los dos transformadores de potencia 220/20kV, 50 MVA.
- Recepción y coordinación de suministro de aparamenta.

El Suministrador deberá tener en cuenta a la hora de programar y ejecutar los trabajos las fechas de recepción en obra comprometidas para la diversa aparamenta suministrada por terceros, de forma que se realicen las tareas de descarga y montaje sin demoras, evitando el acopio de los diversos elementos en campo:

- Contadores y Registradores
- Celdas de 20 kV
- Celdas de 220 kV
- Interruptores automáticos
- Transformadores de tensión e intensidad
- Transformadores de Potencia

## 6.9. LISTADO ACTUACIONES ANUALES EN LA SUBESTACIÓN

A continuación se especifica todos aquellos mantenimientos de carácter anual

### 6.9.1. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Termografía de infrarrojos

### 6.9.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

#### 6.9.2.1. SECCIONADORES

- Comprobar estado de muelles y amortiguación
- Comprobar motor y finales de carrera
- Limpiar y engrasar mecanismos y enclavamientos
- Comprobar puesta a tierra del mando
- Comprobar contactos auxiliares
- Actuación de mandos. Revisar accionamiento manual y motorizado
- Comprobar contactores y bobinas de actuación
- Comprobar señalizaciones

#### 6.9.2.2. INTERRUPTORES DE GAS SF<sub>6</sub>.

- Comprobar regletas de bornas y cableado
- Comprobar indicación mecánica de posición
- Comprobar enclavamientos mecánicos
- Comprobar enclavamientos eléctricos
- Comprobar relés y contactos auxiliares
- Comprobar motor: escobillas, conexiones y fusibles
- Comprobar tornillos
- Comprobar contactores y bobinas de maniobra
- Contactos final de carrera parada de motor
- Comprobar fugas de SF<sub>6</sub>
- Comprobar estado mecánico de las cámaras
- Comprobar pasatapas y juntas
- Comprobar puesta a tierra
- Comprobar uniones atornilladas
- Comprobar par de apriete de conexiones
- Comprobar presión de SF<sub>6</sub>
- Medición de resistencia de los contactos
- Medición de tiempos de maniobra. Diagrama velocidad de conexión/desconexión
- Medición de resistencia de aislamiento
- Verificar accionamiento manual y eléctrico
- Anotar número de maniobras
- Comprobar resistencia de caldeo y termostato

#### 6.9.2.3. CELDAS DE 220 Y 20 KV.

- Comprobación de las posibles oxidaciones
- Comprobación estructura de sujeción
- Comprobación de la puesta a tierra general



- Comprobación del estado de las envolventes
- Comprobación de la presión del gas SF<sub>6</sub>
- Prueba de desempeño mecánico, apertura -cierre-apertura.
- Prueba de enclavamientos mecánicos
- Prueba de rigidez dieléctrica
- Las pruebas del interruptor deben ser:
  - Operaciones eléctricas.
  - Medición de tiempo de apertura y cierre.
  - Rigidez dieléctrica contactos auxiliares
  - Medida resistencia de contactos.
  - Rigidez dieléctrica del circuito principal con interruptor abierto y cerrado
- Comprobación de posibles fallos
- Comprobación de los armarios
- Comprobación del estado de la aparamenta
- Comprobación de los sinópticos
- Comprobación de los contactos auxiliares
- Comprobación de las botellas terminales
- Comprobación de los motores
- Comprobar fugas SF<sub>6</sub>

#### 6.9.2.4. TRANSFORMADORES DE MEDIDA

- Comprobar apriete conexiones de entrada y salida
- Comprobar relación de transformación
- Comprobar puesta a tierra
- Comprobar fijación
- Comprobar pasatapas y juntas
- Comprobar estado de bornas, juntas y anclajes
- Comprobar conexión eléctrica con cargas

- Comprobar conexiones secundario. Reapretar
- Comprobar polaridades
- Resistencia de aislamiento primario/secundario
- Resistencia de aislamiento primario/tierra
- Resistencia de aislamiento secundario/tierra
- Resistencia de aislamiento entre secundarios

#### 6.9.2.5. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

- Comprobar estado general de los armarios
- Comprobar relés térmicos y/o fusibles
- Comprobar contactores: bobinas, contactos
- Comprobar relés auxiliares
- Comprobar radiadores
- Limpiar aerorefrigerantes radiadores
- Comprobar estado de los ventiladores
- Comprobar funcionamiento manual/automático de los ventiladores
- Comprobar relé de nivel de aceite
- Comprobar termómetro de control de temperatura
- Comprobar alarma y disparo de temperatura. Anotar tarados
- Comprobar relé bucholz
- Comprobar sobrepresión en chimenea o válvula de sobrepresión
- Comprobar aislamiento primario contra secundario
- Comprobar aislamiento de primario contra tierra
- Comprobar aislamiento de secundario contra tierra
- Comprobar aislamiento de la cuba del transformador
- Comprobar y corregir fugas de aceite
- Comprobación de ruidos y vibraciones
- Comprobar estado de bornas, juntas y anclajes
- Comprobar anclaje de ruedas

- Comprobar estado de cambiador de tomas
- Anotar relación de transformación de cambiador de tomas
- Comprobar puesta a tierra de la cuba
- Comprobación de niveles y toma de muestras de aceites
- Comprobar rigidez del aceite
- Comprobar bornas

#### 6.9.2.6. TRANSFORMADORES SECOS

- Comprobar termómetro de control de temperatura
- Comprobar alarma y disparo de temperatura. Anotar tarados
- Comprobar aislamiento primario contra secundario
- Comprobar aislamiento de primario contra tierra
- Comprobar aislamiento de secundario contra tierra
- Comprobación de ruidos y vibraciones
- Comprobar estado de bornas, juntas y anclajes
- Comprobar anclaje
- Comprobar estado de cambiador de tomas
- Anotar relación de transformación de cambiador de tomas
- Comprobar puesta a tierra de la armadura
- Comprobar y limpiar botellas terminales bornas

#### 6.9.2.7. SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL

- Comprobar puesta a tierra
- Comprobar señalización en sinóptico y telemando
- Comprobación de todos los dispositivos y elementos de los sistemas
- Prueba y regulación de los relés de protección mediante inyección de intensidades y tensiones
- Tensión máxima

- Tensión mínima
- Tensión homopolar
- Tensión diferencial
- Diferencial de línea
- Sobreintensidad
- Comprobación del tarado de los relés y anotar valores
- Comprobación de contactos, muelles, etc... con limpieza y lubricación
- Pruebas de disparo por bucholz y temperatura
- Comprobar regletas de bornas y conexiones
- Verificación de los dispositivos de señalización, cableados, disparos a distancia.

#### 6.9.2.8. REACTANCIA DE PUESTA A TIERRA

- Comprobación estructura
- Comprobación bornas
- Comprobación aislamiento
- Comprobación del aceite mineral
- Comprobación de la cuba
- Comprobación del conexionado
- Comprobación del neutro
- Comprobación de la puesta a tierra

#### 6.9.2.9. BATERÍA DE C.C.

- Limpieza de cuadros y vasos
- Comprobar nivel de electrolito
- Comprobar densidad del electrolito
- Realizar prueba de capacidad
- Comprobar conexiones
- Comprobar funcionamiento del rectificador y demás componentes electrónicos

- Comprobar tensión de entrada al rectificador
- Comprobar tensión de salida al rectificador
- Comprobar tensión de salida de baterías
- Comprobar alarmas

#### 6.9.2.10. ESTRUCTURAS

- Comprobar estado de las estructuras metálicas
- Comprobar puesta a tierra de soportes
- Comprobación de sujeciones mecánicas, apriete de tornillos
- Situación de piezas de unión, empalmes y terminales
- Medida del aislamiento de embarrados entre fases y tierra
- Medida del aislamiento de embarrados entre fase y fase

#### 6.9.2.11. REDES SUBTERRÁNEAS DE M.T.

- Comprobar estado de los conductores y terminales
- Comprobar oxidaciones
- Comprobar estado de conexiones a tierras de los soportes
- Comprobar estado de la cubierta del cable
- Comprobar botellas terminales
- Comprobar puesta a tierra de pantallas
- Comprobar curvatura de los cables
- Medición de aislamientos entre fase y fase
- Medición de aislamientos entre fases y tierra

#### 6.9.2.12. BATERÍAS DE CONDENSADORES

- Estado de los elementos
- Medida de aislamientos

- Comprobación de resistencias de descarga
- Comprobación de conexiones
- Comprobar sistemas de sujeción, interconexión y dispositivos de corte y protección

#### 6.9.2.13. SISTEMAS DE TIERRA

- Medida de las resistencias de puesta a tierra de todos elementos
- Indicación de los valores obtenidos en las tomas de tierra
- Comprobación de la continuidad de los sistemas de tierras
- Estado de conexiones y conductores de unión de tomas de tierra
- Medida de tensión de paso
- Medida de tensión de contacto

#### 6.9.2.14. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y PCI

- Comprobación de estado de detección y extinción de incendios
- Comprobación de estado de elementos de accionamiento y rescate
- Estado de las señales indicativas preceptivas
- Comprobación de alumbrado de emergencia y normal
- Comprobación PCI espumógeno
- Comprobación presión y estado botellas de gas NOVEC
- Comprobación presión extintores

#### 6.9.2.15. PELIGROSIDAD DE LA INSTALACIÓN Y LOCALES DE UBICACIÓN

- Comprobación de defensas protectoras, cerramientos y puertas
- Indicación de humedades y filtraciones de agua
- Estado de muros, paramentos y otros

## 7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

# Índice del Estudio de Seguridad y Salud

<b>7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>216</b>
7.1. MEMORIA .....	216
7.1.1. <i>Objeto de la memoria</i> .....	216
7.1.1.1. Interferencias con servicios.....	217
7.1.2. <i>Normativa aplicable</i> .....	217
7.1.3. <i>Actividades</i> .....	218
7.1.4. <i>Equipos de trabajo</i> .....	219
7.1.4.1. Maquinaria .....	219
7.1.4.2. Elementos.....	220
7.1.5. <i>Riesgos laborales y medidas preventivas</i> .....	220
7.1.5.1. Actividades .....	225
7.1.5.1.1. Implantación de la obra .....	225
7.1.5.1.2. Acopio de material .....	226
7.1.5.1.3. Movimiento de tierras .....	227
7.1.5.1.4. Obra civil .....	230
7.1.5.1.5. Montaje de la instalación interior .....	232
7.1.5.1.6. Tendido de cables y montaje de equipos.....	234
7.1.5.1.7. Puesta en servicio de la instalación.....	235
7.1.5.2. Utilización de maquinaria.....	236
7.1.5.3. Servicios sanitarios y comunes .....	237
7.1.5.4. Formación.....	238
7.1.6. <i>Plazo de ejecución y mano de obra</i> .....	238
7.1.7. <i>Situación física de la obra y centros sanitarios</i> .....	238
7.2. PRESUPUESTO .....	239



## 7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 7.1. MEMORIA

#### 7.1.1. OBJETO DE LA MEMORIA

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto definir y coordinar las medidas mínimas de seguridad y salud a tomar, durante la construcción de la subestación transformadora, con el fin de conseguir el mantenimiento de un clima de trabajo confortable que elimine o minimice los accidentes e incidentes laborales.

Siguiendo las instrucciones del Real Decreto 1627/1997, antes del inicio de la obra, el contratista adjudicatario, elaborará el Plan de Seguridad y Salud, en base a lo indicado en este Estudio de Seguridad.

El Estudio y el posterior Plan de Seguridad son válidos para todas las empresas que actúen en la obra ya sea como contratista, subcontratista o personal autónomo, debiendo el contratista cumplir y hacer cumplir a todo el personal de obra, lo establecido en ellos así como en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Decretos que la desarrollan y la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. El contratante deberá tener constancia de que cada trabajador ha sido informado de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o función que desempeña y de las medidas de protección y prevención aplicables a dichos riesgos.

El Jefe de Obra, Técnico de Montaje y Coordinador de Seguridad admitirá y tendrá en cuenta cualquier propuesta por parte del trabajador que vaya dirigida a mejorar los niveles de protección en lo relacionado a la seguridad y salud en el trabajo.

Cuando el trabajador esté o pueda estar en una situación de riesgo grave o inminente, el superior deberá actuar de inmediato para eliminar tal situación, en caso de que el trabajador no pueda ponerse en contacto con su superior, él mismo, podrá subsanar la situación habida cuenta de sus conocimientos y medios a su disposición, y a la primera ocasión deberá informar a su superior del problema y la solución adoptada.

#### 7.1.1.1. INTERFERENCIAS CON SERVICIOS

En la zona donde se construirá la subestación se está llevando a cabo la construcción de cuatro torres en la cual se está empleando multitud de maquinaria pesada al igual que el trasiego de cientos de empleados por lo que si en alguna fase de la construcción no pudieran mantenerse las distancias mínimas de seguridad fijadas en el Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación, entre alguna línea y los equipos de trabajo utilizados, deberá efectuarse una parada total durante el tiempo que sea necesario.

#### 7.1.2. NORMATIVA APLICABLE

✚ *Real Decreto 39/1997. Reglamento de los Servicios de Prevención.*

✚ *Real Decreto 1495/1986. Reglamento de seguridad de máquinas.*

Establece los requisitos necesarios para obtener el nivel de seguridad suficiente, de acuerdo con la práctica tecnológica del momento, a fin de preservar a las personas y a los bienes de los riesgos derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de las máquinas.

✚ *Real Decreto 1316/1989. Protección de los trabajadores frente al ruido.*

Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo y particularmente para la audición.

- ✚ *Real Decreto 485/1997. Señalización de los lugares de trabajo.*

Disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.

- ✚ *Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales.*

Promueve la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

- ✚ *Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de 9 de marzo de 1971. Capítulo 6 (Electricidad).*

Protección contra contactos en las instalaciones y equipos eléctricos.

- ✚ *Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en las instalaciones eléctricas AMYS.*

- ✚ *Prescripciones de Seguridad para trabajos mecánicos y diversos AMYS.*

- ✚ *MO-DIDYC “Plan Básico de Prevención de Riesgos para Empresas Contratistas”.*

- ✚ *Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Decreto 2065/1974, de 30 de mayo.*

### 7.1.3. ACTIVIDADES

Visto el proyecto de la construcción de la Subestación Eléctrica, la obra se puede dividir en las siguientes actividades:

- Implantación de la obra

- Acopio de material
- Movimiento de tierras
- Obra civil
- Montaje de la totalidad de la instalación interior, (celdas de alta y media tensión, transformadores)
- Tendido de cables y montaje de equipos (control, protección, mando y comunicaciones)
- Puesta en servicio de la instalación

Una vez desarrollado el proyecto definitivo, el contratista ampliará, si es necesario, esta relación en su Plan de Seguridad.

#### **7.1.4. EQUIPOS DE TRABAJO**

La previsión de maquinaria y medios auxiliares, que se expone a continuación, será confirmada y ampliada si es necesario por el contratista en su Plan de Seguridad y Salud, una vez desarrollado el proyecto y decididos los procedimientos de trabajo a seguir.

##### **7.1.4.1. MAQUINARIA**

- Retroexcavadora con equipo de martillo rompedor
- Pala cargadora
- Camión basculante
- Dumper, carretilla a motor con volquete
- Compresor
- Martillo (neumático, martillo rompedor, taladrador para bulones o barrenos)
- Sierra circular para madera
- Soldadura por arco eléctrico
- Soldadura oxiacetilénica y oxicorte

- Hormigonera eléctrica
- Camión hormigonera
- Grúa móvil

#### 7.1.4.2. ELEMENTOS

- Andamios de borriquetas
- Cesta de soldador
- Escaleras de mano
- Bateas, para movimiento de material en obra

#### 7.1.5. RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación para cada actividad básica y cada equipo de trabajo, previstos utilizar en la obra, se hace una identificación de los riesgos más significativos y se relacionan las medidas preventivas y las protecciones que tenderán a controlar y reducir dichos riesgos. El contratista en su Plan de Seguridad y Salud, una vez decididas las actividades que ejecutará en la obra y los equipos de trabajo que dispondrá, completará esta lista, tanto en actividades como en identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones.

Como medidas preventivas se va a utilizar las señalizaciones pertinentes dependiendo de la zona de trabajo y el tipo de trabajo que se vaya a realizar con el fin de que en todo momento, de una manera visual, se tenga consciencia de los peligros que conlleva cada zona y actividad a la hora de la obra y en algunos casos las señalizaciones prevalecerán durante la vida útil de la subestación.

- Señalizaciones de uso obligatorio de material:



*Figura 58 Señalización de uso obligatorio de gafas y casco.*



*Figura 59 Señalización de uso obligatorio de guantes aislantes*



*Figura 60 de uso obligatorio de botas aislantes.*



*Figura 61 Señalización de uso obligatorio de chaleco reflectante*



*Figura 62 Señalización de uso obligatorio de casco.*



*Figura 63 Señalización de advertencia general.*



*Figura 64 Señalización de advertencia obras.*



*Figura 65 Señalización de advertencia de alta tensión.*





*Figura 66 Señalización de advertencia de desnivel.*

- Señalizaciones de prohibición:



*Figura 67 Señalización de prohibido situarse debajo de grúas durante el traslado*



*Figura 68 Señalización de prohibido situarse debajo de cargas.*



*Figura 69 Señalización de prohibido situarse en el radio de actuación de la maquinaria.*



*Figura 70 Señalización de prohibido fumar.*

- Bandas y cintas para la señalización de zonas de trabajo:



*Figura 71 Bandas y cintas para la señalización.*

#### 7.1.5.1. ACTIVIDADES

##### 7.1.5.1.1. Implantación de la obra

Antes del inicio de la obra, el personal encargado estudiará, sobre la superficie del terreno disponible, la distribución de los servicios necesarios durante el desarrollo

de la obra (acopio, talleres, oficinas, servicios del personal, etc.) así como los accesos para vehículos y personal en las diferentes actividades a realizar.

Previo al inicio de las actividades principales se efectuará el vallado de todo el perímetro de la obra con el fin de evitar riesgos a terceros, dada la atracción que tienen las obras para muchas personas ajenas a ella.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes, lumbalgias
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de cargas o materiales
- Riesgos provocados por la maquinaria
- Riesgos provocados por falta de orden y limpieza

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes y cinturón anti-lumbago.

A partir de este momento existirá en obra una persona encargada de seguridad que revise regularmente las protecciones colectivas para su mantenimiento y reposición.

#### **7.1.5.1.2. Acopio de material**

La recepción del material necesario para el montaje se efectuará en un descampado dispuesto en la obra para tal fin. En este descampado se irán clasificando los diferentes materiales y se almacenarán hasta la expedición a sus emplazamientos definitivos o la devolución por finalizar la obra.

Los accesorios de la grúa que se utilicen estarán en perfectas condiciones de uso. El transporte del material desde el descampado hasta su emplazamiento se efectuará con

vehículo adecuado, nunca con grúa móvil y el personal nunca viajará en el mismo habitáculo que la carga.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes, lumbalgias
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de cargas o materiales
- Caída de objetos
- Riesgos provocados por la maquinaria
- Riesgos provocados por falta de orden y limpieza
- Ruidos

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes, cinturón anti-lumbago y protector de oídos.

#### **7.1.5.1.3. Movimiento de tierras**

La mayoría de accidentes en estas actividades son colisiones o atropellos y se producen sobre todo por distracciones. Las operaciones de movimientos de tierras no se improvisarán ni las organizará el propio maquinista si no que se planificarán dentro del desarrollo de actividades de la obra y serán dirigidas por el jefe de obra y el encargado. Los operarios tendrán instrucciones concretas de su cometido y la forma de ejecutarlo, evitando así que tomen iniciativas sobre tareas que no deben hacer.

Todos los operarios recibirán instrucciones para que si al excavar se encuentran con variaciones de los estratos o de sus características, cursos de aguas subterráneas, etc., paren la obra y avisen a la jefatura de obra, al objeto de adoptar las medidas oportunas para evitar derrumbamientos.

Los circuitos de la maquinaria, así como su radio de acción deben señalizarse, para evitar que nadie permanezca dentro y evitar así que se produzcan atropellos y colisiones.

En función del tipo de terreno, el contratista decidirá qué tipo de maquinaria es la más adecuada para realizar la excavación. Los materiales extraídos de la excavación se acopiarán a una distancia del borde que sea como mínimo igual a la profundidad prevista. Igualmente, se actuará en el acopio de otros materiales junto a las excavaciones. Con esta medida se elimina en parte el riesgo de derrumbamiento por cargas estáticas.

Para evitar derrumbamientos producidos por cargas dinámicas, se prohibirá la circulación de vehículos por las proximidades de las cabezas de excavación. El encargado revisará todos los frentes de excavación al principio y al final de la jornada, para comprobar la estabilidad del terreno. Se delimitará la zona de trabajo mediante cinta de balizamiento, prohibiendo la circulación de personas en el radio de acción de la máquina excavadora. Se tenderá a que las excavaciones estén abiertas el mínimo tiempo posible y en caso de estar más de un día abiertas, se protegerá el riesgo de caídas a distinto nivel con vallas.

Para el acceso de personal al fondo de la excavación (alturas inferiores a 5 metros), se utilizarán escaleras de 0.50 metros de anchura y con pendiente no superior a 0.25. El número de escaleras será el suficiente para permitir salir al personal con suficiente rapidez en caso de emergencia. Cuando las zanjas tengan más de un metro de profundidad, siempre que haya operarios en su interior, se mantendrá uno en el exterior que dará la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

Para atravesar las zanjas sin riesgo, se dispondrán pasarelas con barandillas de protección. No se efectuarán trabajos simultáneos en distintos niveles de la misma vertical, ni se trabajará sin casco de seguridad y se evitará situar cargas suspendidas por encima de los operarios.

Si es necesario que se acerquen vehículos al borde de la excavación, se instalarán topes de seguridad. En todas las excavaciones se efectuará el talud adecuado al tipo de terreno. En el caso de excavaciones que no se pueda hacer toda la altura con talud, se taluzará la cabeza de excavación y se tomarán medidas para que los trabajadores permanezcan el menor tiempo posible dentro de la zona de peligro, confeccionando las armaduras en taller, encofrando a una cara, etc. En el caso de zanjas, de profundidad igual o superior a 1.20 metros, si no se puede dar el talud adecuado, se recurrirá a la entibación. Nunca se entibará sobre superficies inclinadas y en caso necesario se rellenará el trasdós de la entibación para asegurar un perfecto contacto con el terreno. Las entibaciones se deberán revisar diariamente antes de comenzar el trabajo, tensando los cordales que se hayan aflojado. Las entibaciones se quitarán sólo cuando dejen de ser necesarias, y siempre por franjas horizontales empezando por la parte inferior.

Los riesgos más frecuentes en el movimiento de tierras son:

- Atropellos
- Colisiones
- Vuelcos
- Aplastamientos por corrimientos de tierras
- Caídas al mismo o a distinto nivel
- Caídas de materiales o rocas
- Golpes o aplastamientos con partes móviles de máquinas.

Las protecciones colectivas a montar son:

- Señalización interior de obra
- Señalización exterior de obra
- Vallas de contención de peatones
- Bandas de plástico de señalización
- Carteles anunciadores, desprendimientos, prohibido el paso, etc.

- Entibaciones
- Pasarelas
- Barandillas resistentes

Las protecciones del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Botas de seguridad con suela antideslizante (operarios)
- Casco.
- Guantes
- Mono
- Cinturón anti-vibratorio
- Protector de oídos
- Mascarilla anti-polvo
- Impermeable

#### **7.1.5.1.4. Obra civil**

Los riesgos más frecuentes durante las fases de hormigonado son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias
- Riesgos derivados de la manipulación de hormigón como dermatosis y salpicaduras en ojos
- Caídas de personas al mismo o distinto nivel
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte
- Riesgo eléctrico
- Ruidos que pueden provocar sorderas, fatigas, etc.
- Incendios
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Interruptores diferenciales
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 metros y en huecos y perímetros donde no exista otra protección
- Extintores

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Casco
- Guantes
- Mono
- Gafas
- 

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran con:

- Cinturón anti-lumbago
- Mascarillas anti-polvo
- Protector de oídos

Protecciones para los trabajos de soldadura (pantalla, gafas, mandil, guantes, etc.):

- Cinturón de seguridad



Una vez acabado el hormigonado, se señalará convenientemente la zona para evitar el riesgo de caídas o hundimiento hasta su fraguado.

#### **7.1.5.1.5. Montaje de la instalación interior**

El acopio de material se hará en sentido inverso al de su utilización y se planificará para que cada elemento que vaya a ser transportado no sea estorbado por ningún otro.

En la recepción en obra de los elementos, se anotará su peso, en el propio elemento, con el objeto de utilizar repartidores de carga cuando sea necesario y de no sobrepasar las cargas máximas admisibles de las grúas. El movimiento de los elementos sólo se realizará con los útiles previstos por el fabricante y sólo se engancharán por los puntos previstos y en las formas previstas. Antes de izar cualquier elemento, se comprobará que se encuentra libre y que no tiene alguna unión con otro. Una vez enganchada la pieza, el personal encargado de ello, se alejará cuando las cintas de elevación estén tensas.

Para dirigir piezas de gran tamaño se utilizarán cuerdas guía. Los gruistas recibirán instrucciones sobre cargas máximas admisibles, no pasar las cargas por encima de las personas, elevar siempre las cargas en vertical evitando los tirones, etc. En elementos de gran superficie se extremarán las precauciones durante las maniobras, en caso de viento constante o ráfagas, para evitar el vuelco de las grúas o golpes a los operarios.

Los trabajos de montaje se suspenderán en días de lluvia intensa, tormentas, nieve, heladas fuertes o velocidad del viento elevada. Tanto los elementos de la estructura como la aparamenta de Alta Tensión se soldarán o atornillarán con la mayor rapidez posible. No se dejarán elementos apuntalados provisionalmente. Los operarios que realicen trabajos en altura, tendrán una bolsa de herramientas adecuada para evitar su caída. El personal encargado de las operaciones de ensamblaje sujetará siempre el

cinturón de seguridad a alguna parte fija de la estructura, no permanecerá en los elementos durante el transporte y no arrojará objetos desde altura.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias
- Caídas de personas al mismo o distinto nivel
- Caídas de cargas o materiales
- Caídas de objetos
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte
- Riesgo eléctrico
- Ruidos que puede provocar sorderas, fatigas, etc.
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Interruptores diferenciales
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 metros

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Casco
- Guantes
- Mono
- Gafas

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran con:

- Cinturón anti-lumbago
- Protector de oídos
- Protecciones para los trabajos de soldadura (pantalla, gafas, mandil, guantes, etc.)
- Cinturón de seguridad con arnés y cuerda salvavidas
- Bolsa de herramientas

#### **7.1.5.1.6. Tendido de cables y montaje de equipos**

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias
- Caídas de personas al mismo o distinto nivel
- Caídas de cargas o materiales
- Caídas de objetos
- Golpes
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte
- Riesgo eléctrico
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Interruptores diferenciales
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 metros

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Casco
- Guantes
- Mono
- Gafas contra proyecciones

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran con:

- Cinturón anti-lumbago
- Protecciones para los trabajos de soldadura (pantalla, gafas, mandil, guantes, etc.)
- Cinturón de seguridad

#### **7.1.5.1.7. Puesta en servicio de la instalación**

La puesta en servicio de la instalación se efectuará una vez acabada la obra y siguiendo los protocolos correspondientes elaborados por el proyectista. El personal que realice los ensayos necesarios para la puesta en servicio deberá ser experto en aparatos elevadores de tensión de ensayos. Todas las zonas donde estén ubicados los circuitos a ensayar, se señalizarán para evitar el paso de personal no incluido en el equipo de laboratorio.

La energización de los diferentes circuitos se hará por separado, señalizando las zonas de trabajo para evitar la entrada de personal ajeno al equipo de puesta en servicio.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgia
- Caídas de personas al mismo o distinto nivel
- Riesgo eléctrico
- Incendio

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Carteles indicadores
- Extintores

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Casco
- Guantes

Estas protecciones básicas se complementarán con las necesarias si, por necesidades de la puesta en marcha, se necesita maniobrar o poner a tierra algún circuito de Alta Tensión.

#### 7.1.5.2. UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA

Cumpliendo el Real Decreto 1215/97, la conducción en obra de equipos de trabajo automotores debe ser realizada por operarios que hayan recibido una formación específica para la conducción segura de dichos equipos.

Antes de poner la maquina en marcha, se deberá comprobar que no hay personas ni obstáculos a su alrededor. El maquinista conocerá cuál es la zona de trabajo

previamente delimitada así como la altura de seguridad en el caso que se trabaje bajo líneas de Alta Tensión.

Cualquier maquinista operador o auxiliar, que haya de intervenir en la obra durante la puesta en servicio, habrá recibido un cursillo de formación para trabajos en proximidad y cercanía de tensión y deberá conocer claramente su cometido. No se cargará en ningún caso por encima de la cabina, quedando totalmente prohibida la utilización de la pala de la retroexcavadora para transportar personal. No se utilizarán las máquinas excavadoras como grúas o para el transporte de material. Para el almacenamiento y manipulación de bidones de líquidos inflamables, gasolina, gasoil, etc., se habilitará un lugar idóneo en la caseta de obra adecuada para tal fin y lejos del personal. Bajo ningún concepto se encenderán fuegos o se soldará en las proximidades; manteniéndose el suelo limpio de carburantes y aceites y disponiéndose de los medios necesarios de extinción.

#### 7.1.5.3. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

Aunque el objeto de este Estudio de Seguridad y Salud es evitar los accidentes laborales, hay que reconocer que existen causas de difícil control que pueden hacerlos presentes. En consecuencia, es necesario prever la prestación de primeros auxilios para atender a los posibles accidentados, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997. Dadas las características de la obra e instalación a efectuar, será necesario dotarlo de un botiquín de primeros auxilios por grupo de trabajo, con el fin de dar las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados.

En el Plan de Seguridad y Salud que elabore el contratista adjudicatario de la obra, deberá constar la ubicación, así como la dotación de dichos botiquines.

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como las disfunciones derivadas de los trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de toxicomanías peligrosas, se prevé que el contratista adjudicatario, en cumplimiento de la legislación vigente, realice los reconocimientos

médicos previos a los trabajadores de esta obra, antes de su inicio, exigiendo también este cumplimiento al resto de empresas que sean contratadas por él.

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, estará prevista por el contratista adjudicatario de la obra mediante la contratación de un servicio de ambulancias y/o helicóptero, que definirá su Plan de Seguridad.

Dadas las características de la obra e instalaciones a efectuar, será necesario dotarla de una caseta de obra, para vestuarios, de unas medidas aproximadas de 6.2x2.5 metros, aproximadamente por grupo de obra y por cada 14 trabajadores o fracción, el contratista adjudicatario de la obra definirá la situación y el número de casetas de obra en su Plan de Seguridad.

#### 7.1.5.4. FORMACIÓN

Toda persona que intervenga en la obra recibirá una formación general de seguridad. Al personal que intervenga en el montaje de la estructura y de la aparamenta de 220 kV, además del curso de formación sobre aparamenta tipo GIS, se le impartirá un curso de formación específica en riesgos eléctricos y se le comentarán los accidentes tipo, que la empresa propietaria de la instalación tiene a disposición del contratista.

#### 7.1.6. PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

El plazo de ejecución de la obra se estima en alrededor de 360 días laborables, con una mano de obra máxima de 30 operarios y una mano de obra media de 20.

#### 7.1.7. SITUACIÓN FÍSICA DE LA OBRA Y CENTROS SANITARIOS

La obra está situada en la Comunidad de Madrid, concretamente en el actual recinto llamado Cuatro Torres Business Area, cuya específica localización se puede ver en el plano nº1.

El centro sanitario más cercano es el hospital La Paz situado a menos de 200 metros de dónde se va a realizar la construcción de la subestación.

## 7.2. PRESUPUESTO

El presente Estudio de Seguridad y Salud va a suponer un gasto monetario reflejado en la siguiente tabla, desglosándose las partes más significativas de este.

- La realización de este estudio significa una cantidad de VEINTE Y UN MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SIETE CON VEINTIÚN EUROS, (21.387,21 €).



## PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	PRECIO(€)
<b>INSTALACIONES DE SALUD E HIGIENE</b>	
Este apartado incluye los siguientes elementos utilizados para la salud e higiene: Caseta destinada al aseo personal de los trabajadores con las correspondientes taquillas para los objetos personales. Termo eléctrico de 80 L.	
<b>TOTAL</b>	<b>7.984,54</b>
<b>PROTECCIONES INDIVIDUALES</b>	
En este apartado se incluyen los siguientes elementos utilizados como protección individual: Ropa adecuada al tipo de trabajo Casco protector Botas de seguridad e impermeables Trajes impermeables Mascarillas antipolvo con filtro recambiable Mascarillas filtrantes Cinturón antivibratorio(conductores de maquinaria) Guantes de goma o PVC Guantes de cuero Gafas protectoras	
<b>TOTAL</b>	<b>5.800,00</b>
<b>SEÑALIZACIÓN Y ACOTAMIENTO</b>	
En este apartado se incluyen los siguientes elementos utilizados para la señalización y acotamiento de las zonas de trabajo: Bandas de plástico de colores, rojo y blanco amarillo y negro. Señales reglamentarias para el aviso de prohibición de uso obligatorio de material de trabajo, y de advertencia o peligro.	
<b>TOTAL</b>	<b>2.797,67</b>
Reconocimiento médico de los trabajadores al inicio de las obras	4805
<b>TOTAL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>21.387,21</b>

## 8. CONCLUSIONES

# Índice de Conclusiones

<b>8.CONCLUSIONES.....</b>	<b>243</b>
8.1.CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....	243
8.2.POSIBLES AMPLIACIONES .....	244

## 8.CONCLUSIONES

### 8.1.CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Tras la finalización de este proyecto puedo decir que son multitud de cosas las que he aprendido. Considero que ha sido un gran esfuerzo por mi parte ya que muchas de las cosas que he aprendido ha sido partiendo de la ignorancia y sobre todo, los planos han desarrollado en mí una habilidad que antes no tenía con ciertos programas de diseño gráfico.

A continuación cito los temas abordados y desarrollados en el proyecto que resumen lo más destacado de la realización del proyecto:

- Se han descrito y justificado mediante cálculos los equipos más importantes que forman una subestación de tecnología GIS. Por lo que después de la realización del proyecto se tiene una visión detallada de cómo es el funcionamiento y qué elementos hacen posible el buen funcionamiento de la subestación.
- Se ha dimensionado la red de tierras de la subestación dejando claro cuál es su función y que factores intervienen en su cálculo.
- Se han presentado todos los planos necesarios para comprender el esquema eléctrico de la subestación tanto de forma general como de los servicios auxiliares y protecciones.
- Se ha justificado el coste total de la subestación mediante un análisis económico detallado equipo por equipo, para poder llegar a la conclusión de qué elementos son los más significativos, en términos económicos.

## 8.2.POSIBLES AMPLIACIONES

Para la continuación de este proyecto se podría entrar en detalle en los siguientes aspectos que el presente proyecto no contempla:

- Cálculo estructural del edificio.
- Dimensionamiento de la ventilación y calefacción.
- Ajuste de los relés de protección.
- Cálculo detallado sobre el dimensionamiento de las baterías de SS.AA.
- Dimensionamiento de las protecciones contra incendios de la subestación.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Javier Díaz Pampín. “Subestaciones eléctricas”.2009.
- ✚ Enrique Harper. “Elementos de diseño en subestaciones eléctricas 2ª edición”.2002.
- ✚ Julio Sosa Escalada. Presentación sobre “Subestaciones eléctricas aisladas en gas”.2002.
- ✚ Jose Manuel Arroyo Sánchez. *Presentación sobre “Subestaciones eléctricas”*. Departamento de ingeniería eléctrica de la universidad de Castilla La Mancha.
- ✚ Michelle Tovar. Teoría sobre “Subestaciones Eléctricas”.2003.
- ✚ Presentación de Siemens. “Gas Insulated Switchgear”.2009.
- ✚ Presentación de ABB. “Gas Insulated Switchgear, modular and flexible, 52-1100 kV”.2009.
- ✚ “Reglamento de Líneas de Alta Tensión”. Ed. Abecedario, 1ª Edición 2008.
- ✚ “Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación”. Ed. Abecedario, 1ª Edición 2005.
- ✚ “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión”. Ed. Tébar. Revisión técnica realizada por Emilio Carrasco.2002.
- ✚ Paulino Montané. “Protecciones en las Instalaciones Eléctricas”. Ed. Marcombo, 1ª Edición 1999.

- ✚ Rogelio García Márquez. “*La Puesta a Tierra de Instalaciones Eléctricas*”. Ed. Marcombo. 1ª Edición 1990.



## Índice de figuras

<i>Figura 1 Modelado 3D emplazamiento de la subestación</i> .....	3
<i>Figura 2 Modelado 3D edificio, vista lateral derecha</i> .....	5
<i>Figura 3 Modelado 3D sección de la sala de control</i> .....	6
<i>Figura 4 Modelado 3D sección lateral derecha del edificio, sala de transformadores y celdas GIS</i> .....	6
<i>Figura 5 Modelado 3D seguridad en puertas de acceso</i> .....	7
<i>Figura 6 Parque subestación convencional</i> .....	15
<i>Figura 7 Interruptor hasta 66 Kv (izquierda), interruptor hasta 400 Kv (derecha)</i> .....	18
<i>Figura 8 Seccionador de cuchillas giratorias</i> .....	19
<i>Figura 9 Seccionador de cuchillas deslizantes</i> .....	20
<i>Figura 10 Seccionador de columna central giratoria, cerrado (izquierda), abierto (derecha)</i> .....	21
<i>Figura 11 Seccionador dos columnas giratorias, (cerrado)</i> .....	21
<i>Figura 12 Seccionador pantógrafo, (abierto)</i> .....	22
<i>Figura 13 Transformador de intensidad</i> .....	25
<i>Figura 14 Transformador de tensión inductivo</i> .....	27
<i>Figura 15 Transformador de tensión capacitivo</i> .....	29
<i>Figura 16 Autoválvula</i> .....	31
<i>Figura 17 Bobina de bloqueo</i> .....	32
<i>Figura 18 Interior de celda blindada (izquierda), subestación GIS (derecha)</i> .....	33
<i>Figura 19 Subestación prefabricada</i> .....	38
<i>Figura 20 Subestación híbrida</i> .....	39
<i>Figura 21 Subestación móvil</i> .....	40
<i>Figura 22 Modelado 3D edificio de la subestación</i> .....	41
<i>Figura 23 Modelado 3D sección lateral izquierda de la sala de celdas GIS</i> .....	42
<i>Figura 24 Modelado 3D sección lateral izquierda de la sala de control</i> .....	42
<i>Figura 25 Modelado 3D sección frontal sala de transformadores</i> .....	43
<i>Figura 26 Emparrillado tramex (izquierda), escalón tramex (derecha)</i> .....	43
<i>Figura 27 Modelado 3D sección frontal de las 47 posiciones de media</i> .....	45
<i>Figura 28 Esquema interior de celda GIS</i> .....	51
<i>Figura 29 Interior barra de celda GIS</i> .....	60
<i>Figura 30 Terminal de alta tensión 220 kV</i> .....	61
<i>Figura 31 Celdas de media tensión</i> .....	62

<i>Figura 32 Interruptor celda media tensión.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 33 Frontal exterior de seccionador celda media tensión.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 34 Transformador de intensidad celda de media tensión. ....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 35 Transformador de tensión celda de media tensión .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 36 Terminales celdas de media tensión.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 37 Esquema ilustrativo de potencia reactiva existente y demandada. ....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 38 Esquema ilustrativo del conexionado de los condensadores en doble estrella. ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 39 Armario de conjunto de baterías de condensadores.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 40 Disposición de cables en zanja. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 41 Cable 220 kV.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 42 Disposición de cables en bandejas.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 43 Cable 20 kV.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 44 Transformador de potencia 630 kV. ....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 45 Reacción carga/descarga de los acumuladores de Ni-Cd.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 46 Capacidad de la batería en función de la temperatura.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 47 Vida útil de la batería en función de la temperatura media.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 48 Batería de níquel cadmio.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 49 Fluorescentes 5200 lm, 2x28 W.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 50 Alumbrado de emergencia 1x8 W.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 51 Esquema ilustrativo de la subestaciones con las interconexiones aportadoras de cortocircuito. ....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 52 Esquema ilustrativo de las impedancias necesarias para el cálculo.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 53 Esquema de impedancias ante falta en barras de alta tensión.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 54 Esquema de impedancias ante falta en barras de media tensión.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 55 Esquema de impedancias ante falta en baja tensión. ....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 56 Esquema ilustrativo de la tensión de contacto.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 57 Esquema ilustrativo de la tensión de paso .....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 58 Señalización de uso obligatorio de gafas y casco.....</i>	<i>221</i>
<i>Figura 59 Señalización de uso obligatorio de guantes aislantes .....</i>	<i>221</i>
<i>Figura 60 de uso obligatorio de botas aislantes .....</i>	<i>222</i>
<i>Figura 61 Señalización de uso obligatorio de chaleco reflectante.....</i>	<i>222</i>
<i>Figura 62 Señalización de uso obligatorio de casco. ....</i>	<i>222</i>
<i>Figura 63 Señalización de advertencia general. ....</i>	<i>223</i>
<i>Figura 64 Señalización de advertencia obras. ....</i>	<i>223</i>
<i>Figura 65 Señalización de advertencia de alta tensión. ....</i>	<i>223</i>

<i>Figura 66 Señalización de advertencia de desnivel. ....</i>	<i>224</i>
<i>Figura 67 Señalización de prohibido situarse debajo de grúas durante el traslado .....</i>	<i>224</i>
<i>Figura 68 Señalización de prohibido situarse debajo de cargas.....</i>	<i>224</i>
<i>Figura 69 Señalización de prohibido situarse en el radio de actuación de la maquinaria.....</i>	<i>225</i>
<i>Figura 70 Señalización de prohibido fumar. ....</i>	<i>225</i>
<i>Figura 71 Bandas y cintas para la señalización. ....</i>	<i>225</i>

## Índice de tablas

<i>Tabla 2 Protecciones posición de línea (220 kV).....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 3 Protecciones posición de acoplamiento (220 kV) .....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 4 Protecciones posición de transformador (220/20 kV) .....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 5 Posición de línea .....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 6 Niveles de aislamiento para equipos de alta tensión hasta 300 kV.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 7 Niveles de aislamiento para equipos de media tensión hasta 52 kV.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 8 Resultados de los ensayos geotécnicos realizados .....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 9 Niveles del terreno según su composición y profundidad.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 10 Resultado de las tensiones de paso y contacto calculadas en comparación con las máximas admisibles.....</i>	<i>140</i>